

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ им. С. И. ВАВИЛОВА



ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИСТОРИИ ФИЗИКИ И МЕХАНИКИ

2006

Ответственный редактор
доктор физико-математических наук
Г.М. ИДЛИС



МОСКВА НАУКА 2007

УДК 530+531
ББК 22.3г
И88

Издание основано в 1985 г.

Редакционная коллегия:

доктор физико-математических наук Г.М. ИДЛИС (председатель),
доктор физико-математических наук Вл.П. ВИЗГИН
(заместитель председателя),
кандидат физико-математических наук Н.В. ВДОВИЧЕНКО
(ученый секретарь),
академик В.Л. ГИНЗБУРГ,
член-корреспондент РАН Л.И. ПОНОМАРЕВ,
доктор физико-математических наук В.С. КИРСАНОВ,
доктор физико-математических наук Г.К. МИХАЙЛОВ

Рецензенты:

доктор физико-математических наук А.Д. СУХАНОВ,
кандидат технических наук В.Л. ГВОЗДЕЦКИЙ

Исследования по истории физики и механики / Ин-т истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. – М. : Наука, 1985– .
2006 / отв. ред. Г.М. Идлис. – 2007. – 391 с. – ISBN 5-02-034124-X
(в пер.).

Большую часть предлагаемого сборника занимают исследования, связанные с историей физики в России. Они связаны с именами Н.Н. Шиллера, С.И. Вавилова, Л.Д. Ландау, И.М. Лифшица, И.Б. Погребыцкого, Б.П. Белоусова и др. В него вошли материалы, относящиеся к эпохам многочисленных философских дискуссий в физике, а также ряд статей по разным специальным вопросам истории физики.

Для специалистов в области физики, механики, истории науки и вообще достаточно широкого круга читателей, интересующихся историей науки.

Темплан 2007-1-147

Historical studies in physics and mechanics / Institute for the History of Science and Technology of the RAS. – Moscow : Nauka, 1985– .
2006 / ed. by G.M. Idlis. – 2007. – 391 p. – ISBN 5-02-034124-X (in cloth).

The most part of the collection belongs to studies on the history of physics in Russia. They deal with such names as N.N. Shiller, S.I. Vavilov, L.D. Landau, I.M. Lifshits, I.B. Pogrebyskiy, B.P. Belousov, and others. This book contains also material concerning the time of numerous philosophical discussions in physics, and some articles on different special problems in the history of physics.

The collection might be of interest for physicists, mathematicians as well as for those who are working in the history of science.

ISBN 5-02-034124-X

- © Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, 2007
- © Российская академия наук и издательство «Наука», продолжающееся издание «Исследования по истории физики и механики» (разработка, оформление), 1985 (год основания), 2007
- © Редакционно-издательское оформление. Издательство «Наука», 2007

СОДЕРЖАНИЕ

От редколлегии	7
----------------------	---

І. К 100-ЛЕТИЮ ИОСИФА БЕНЕДИКТОВИЧА ПОГРЕБЫССКОГО

<i>Вл.П. Визгин</i> «Золотые годы» отечественной истории науки: И.Б. Погребысский	9
--	---

<i>З.К. Соколовская</i> Вклад И.Б. Погребысского в научно-биографическую серию Российской академии наук	19
--	----

Воспоминания и впечатления о И.Б. Погребысском (<i>С.С. Демидов, В.П. Визгин, В.С. Кирсанов, А.И. Еремеева, М.М. Рожанская</i>).....	25
--	----

ІІ. НЕКОТОРЫЕ ГЛАВЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКИ

<i>В.П. Русаков</i> Николай Николаевич Шиллер: жизнь и научно-педагогическая деятельность	37
--	----

<i>Е.И. Погребысская</i> Сергей Иванович Вавилов и его «Научные записи. 1935–1943 гг.»	78
---	----

<i>С.И. Вавилов</i> Научные записи. 1935–1943 гг.	86
---	----

<i>М.И. Каганов</i> Непростая история	148
--	-----

<i>В.Н. Кессених</i> Письма физика из Томска (публикация выдержек из писем В.Н. Кессениха к Р.М. Кессених из Томска в Ростов (IX/1930 – I/1931))	199
---	-----

<i>А.А. Кожухов, В.В. Очинский</i> Академик А.Н. Динник (к 130-летию со дня рождения)	239
--	-----

<i>А.А. Печёнкин</i>	
Как и при каких обстоятельствах появилась реакция Белоусова–Жаботинского?	249
<i>А.С. Сонин</i>	
Советские физико-философские дискуссии начала 30-х годов	264
<i>Ю.С. Владимиров</i>	
Методологический семинар по философским вопросам теории относительности (1952 год, физ. фак. МГУ)	291

III. РАЗНОЕ ИЗ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

Ю.А. Любимов	
Электродинамика Гельмгольца	311
<i>Ю.Р. Носов</i>	
История оптоэлектроники: общая характеристика	325
<i>Р.Р. Мухин</i>	
Возникновение турбулентности, динамические системы и хаос	340
<i>Т.В. Плотникова</i>	
История изучения солнечных пятен (от первых наблюдений до установления цикла солнечной активности)	367

IV. ПАМЯТИ УЧЁНОГО

<i>В.А. Чуенков, А.В. Кессених</i>	
Михаил Аркадьевич Ковнер	380
Аннотации	385

CONTENTS

From the Editorial Board	7
--------------------------------	---

I. TO THE CENTENARY OF IOSIPH BENEDICTOVICH POGREBYSSKY

<i>Vi.P. Vizgin</i> «The Gold years» of a domestic history of sciences: I.B. Pogrebyssky ...	9
<i>Z.K. Sokolovskaya</i> I.B. Pogrebyssky's contribution to the scientific-biographic series of the Russian Academy of Sciences	19
Memories and impressions on I.B. Pogrebyssky (<i>S.S. Demidov, Vi. P. Vizgin, V.S. Kirsanov, A.I. Eremeeva, M.M. Rozhanskaya</i>)	25

II. FROM THE HISTORY OF RUSSIAN SCIENCE

<i>V.P. Rusakov</i> Nikolay Nikolaevich Shiller: life and scientific activity	37
<i>E.I. Pogrebysskaya</i> Sergey Ivanovich Vavilov and his «Scientific notes. 1935–1943»	78
<i>S.I. Vavilov</i> Scientific notes. 1935–1943	86
<i>I.M. Kaganov</i> Not a simple story	148
<i>V.N. Kessenikh</i> Some physicist's letters from Tomsk (1930–1931)	199
<i>A.A. Kozhukhov, V.V. Ochinsky</i> Academician A.N. Dinnik (to the 130-th anniversary)	239
<i>A.A. Pechenkin</i> How and under which circumstances did the Belousov–Zhabotinsky reaction appear?	249

<i>A.S. Sonin</i>	
Soviet physico-philosophical discussions of the beginning of 1930 s.	264
<i>Yu.S. Vladimirov</i>	
Methodological seminar on philosophical problems of the special theory of relativity (1952, Physics Department of Moscow State University)	291

III. MISCELLANEA

<i>Yu.A. Lyubimov</i>	
Electrodynamics of Helmholtz	311
<i>Yu. Nosov</i>	
History of optoelectronics: general definition	325
<i>R.R. Mukhin</i>	
The onset of turbulence, dynamical systems and chaos	340
<i>T.V. Plotnikova</i>	
The history on studying of Solar spots (from the first observations to the definition of a solar activity cycle)	367

IV. IN MEMORIAM

<i>A. Chuenkov, A.V. Kessenikh</i>	
Mikhail Arkad'evich Kovner	380
Abstracts	385

ОТ РЕДКОЛЛЕГИИ

Вопреки сложившейся традиции первый, юбилейный, раздел сборника по объёму оказался значительно меньше следующего, посвящённого истории физики в нашем отечестве. В него вошли только материалы семинара в честь 100-летнего юбилея замечательного учёного, историка математики и механики и вообще чрезвычайно интересной личности, Иосифа Бенедиктовича Погребысского, который последние 10 лет своей жизни работал в ИИЕТ АН СССР и оставил неизгладимый след в его истории.

Во втором разделе «Некоторые главы отечественной истории науки» мы завершаем публикацию цикла историко-биографических работ профессора В.П. Русакова. На этот раз этот очерк о профессоре Киевского университета конца XIX – начала XX вв., ученика и сотрудника А.Г. Столетова, а позднее – Г. Гельмгольца, Николае Николаевиче Шиллере. Он был известен своими трудами по электродинамике, основам термодинамики, философскому и методологическому осмыслению физических проблем. Здесь же впервые становятся доступными широкому читателю некоторые страницы научного дневника С.И. Вавилова за 1935–1943 гг., подготовленные к публикации известным историком оптики Е.И. Погребысской. Кроме того, в этом разделе продолжается публикация цикла архивных исследований А.С. Сониной, посвящённых физико-философским дискуссиям в 1930-е годы. Тематически к ним примыкает история методологического семинара по философским вопросам теории относительности, который работал на физическом факультете МГУ в 1952 г. (Ю.С. Владимиров). Очень интересна статья А.В. Кессениха, представляющая собой публикацию писем его отца, профессора физического факультета МГУ В.Н. Кессениха к жене, в которых описаны жизнь и быт научного сообщества Томска начала 1930-х годов. Сюда же вошли статьи об академике А.Н. Диннике – учёном, внёсшем большой вклад в механику упругих систем и теорию сопротивления мате-

риалов (А.А. Кожухов и В.В. Очинский), и о Б.П. Белоусове и открытии им периодической химической реакции, сыгравшей ключевую роль в создании нового раздела физики – синергетики и названной впоследствии его именем (А.А. Печёнкин).

Особняком в этом разделе стоит статья известного физика-теоретика М.И. Каганова, живущего ныне в США, «Непростая история». Она посвящена большому и по значению, и по времени пласту физики твёрдого тела – фермиологии. Мы поместили её в раздел отечественной истории этого раздела физики потому, что несмотря на его разработку учёными из разных стран, как экспериментаторами, так и теоретиками, основные результаты были получены в СССР. Эта статья довольно трудна для восприятия. Поэтому мы рекомендуем предварительно ознакомиться с историей вопроса по книге Д. Шёнберга «Магнитные осцилляции в металлах» (М.: Мир, 1986. Глава I «Историческая»).

Что касается третьего раздела, здесь особое внимание хотелось бы обратить на очерк Ю.Р. Носова по истории оптоэлектроники.

В январе 2006 г. скончался старейший сотрудник нашего института, Михаил Аркадьевич Ковнер. Многие годы он был профессором Саратовского университета; после выхода на пенсию переехал в Москву и весь пыл своей души отдавал теперь уже истории, свидетелем и непосредственным участником которой был он сам. Жизни и творчеству этого человека посвящён мемориальный очерк в конце сборника.

Редколлегия признательна своим авторам и всем, кто так или иначе принимал участие в создании этого тома.

I. К 100-ЛЕТИЮ ИОСИФА БЕНЕДИКТОВИЧА ПОГРЕБЫССКОГО

23 февраля 2006 г. исполнилось 100 лет со дня рождения выдающегося историка науки, Иосифа Бенедиктовича Погребысского. Жизнь Погребысского – математика, механика, шахматиста – связана в основном с Киевом, где он прожил 35 лет. Последнее десятилетие своей жизни он работал в Институте истории естествознания и техники (ИИЕТ) АН СССР (затем РАН), и эти годы – самое интересное и плодотворное время для него как историка науки.

Деятельности И.Б. Погребысского в этой области было посвящено заседание, состоявшееся 28 февраля 2006 г. в Политехническом музее. Заседание открыл заместитель Директора ИИЕТ РАН доктор технических наук В.П. Борисов. Неподдельный интерес вызвал доклад заведующего сектором истории физики и механики доктора физико-математических наук Вл.П. Визгина, подробно и с живыми деталями описавшего творческий путь учёного. После доклада выступили сотрудники ИИЕТ, знакомые с Иосифом Бенедиктовичем в той или иной степени. Практически все эти выступления были не только глубоко эмоциональными, но и дали возможность людям, знающим его только по научным работам, представить, с какой незаурядной личностью им пришлось столкнуться. Ниже мы публикуем все эти выступления, в некоторых случаях с небольшими сокращениями.

Вл.П. ВИЗГИН

Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН

«ЗОЛОТЫЕ ГОДЫ» ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ИСТОРИИ НАУКИ: И.Б. ПОГРЕБЫССКИЙ¹

1950–1960-е годы были в СССР «золотыми» не только для науки, но и для её истории, особенно истории физико-математических наук. В 1953 г. был основан Институт истории естествознания и техники АН СССР. В секторе истории физико-матема-

¹ Расширенный вариант текста доклада публикуется в «Вопросах истории естествознания и техники», 2006. № 2.



И.Б. Погребысский (1906–1971)

тических наук или в тесной связи с ним работали такие выдающиеся историки науки, как В.П. Зубов, А.П. Юшкевич, Б.Г. Кузнецов, А.Т. Григорьян, Л.С. Полак и др. В 1957 г. организуется на базе ИИЕТ «Советское национальное объединение историков естествознания и техники», в котором видную роль играли как институтские историки, так и историки науки из вузов (П.С. Кудрявцев, Б.И. Спасский и др.), а также физики – А.Ф. Иоффе, Д.Д. Иваненко, Я.Г. Дорфман и др.

В 1962 г. в ИИЕТ переходит И.Б. Погребысский, уже известный своими ра-

ботами по истории математики и механики. До этого он работал в Институте математики АН УССР и занимался изучением научных трудов Л. Эйлера, М.В. Остроградского, Г.Ф. Вороного, С.В. Ковалевской, А.М. Ляпунова [1, 2]. За девять лет работы в ИИЕТ он внёс настолько внушительный вклад в развитие истории физико-математических наук, прежде всего механики, что занял, несмотря на явно преждевременный уход из жизни (1971), достойное место в плеяде выдающихся историков точного естествознания 1950–1960-х годов. Помимо исключительно высокой лингвистической культуры и отменного знания математики и механики Иосиф Бенедиктович (в дальнейшем И.Б.) даже в упомянутой блестящей группе учёных выделялся своей удивительной универсальностью, легко переходя из одной эпохи в другую и осуществляя эффективное посредничество между исследованиями и историками различных наук физико-математического цикла.

После окончания Киевского университета в 1928 г. И.Б. поступил в аспирантуру к академику Д.А. Граве, известному алгебраисту и руководителю большой алгебраической школы, а также крупному специалисту в области механики и прикладной математики, проявлявшему немалый интерес к истории и мето-

дологии науки. До Великой Отечественной войны И.Б. опубликовал ряд работ по алгебре, анализу, дифференциальным уравнениям и прикладной механике. Кандидатскую диссертацию он защитил в 1940 г. Докторскую диссертацию ему помешала завершить война, которую он закончил в звании майора с восемью правительственными наградами. Историей математики и механики начал заниматься с 1950 г., работая в институте математики УССР. Через несколько лет после поступления в ИИЕТ И.Б. защитил докторскую диссертацию «Развитие теоретической механики в первой половине XIX в. (от Лагранжа до Остроградского)» (1965).

Если обратиться к хронологии *основных работ* И.Б. (см., например, [1]), то их тематическое распределение по годам выглядит примерно так:

до переезда в Москву (до 1962 г.) – это работы о Г.Ф. Вороном, Эйлере и особенно Остроградском;

1963–1964 – подготовка к изданию «Избранных произведений» Галилея;

1965–1966 – защита докторской диссертации о развитии теоретической механики в XIX в. и главная книга И.Б. «От Лагранжа к Эйнштейну. Классическая механика XIX в.» [3];

1967 – том «Развитие механики в СССР», изданный к 50-летию юбилею СССР и почти целиком написанный И.Б.;

1968–1971 – авторская и редакционная работа над двухтомной «Историей механики»; книга о Лейбнице; подготовка к изданию трудов Пуанкаре и ряд важных концептуальных статей.

Тематический универсализм И.Б. в области истории механики поразителен. Так, в книге о развитии механики в СССР он писал разделы по аналитической механике, по теории устойчивости, теории колебаний, теории автоматического регулирования, теории упругости, по гидродинамике, теории пластичности, механике сыпучей среды и грунтов и теории фильтрации. Он свободно владел материалом и писал работы по истории математики и механики с XVII по XX века. И всё-таки магистральное направление его исследований – это изучение развития теоретической механики в целом от Галилея до Пуанкаре.

Именно эти исследования дают представление о ключевой особенности историографической концепции И.Б., которую условно можно назвать *контекстуальностью*. Она заключается в учёте различных контекстов (математического, астрономического, технического, физического и др.), которые были важны для понимания формирования и развития механики. И.Б. принимал

во внимание и более широкие – социально-исторический, институциональный, философский и др. контексты².

Так, И.Б. отмечает, что «Галилей в своей методологии и в своём творчестве объединяет две традиции: традицию техническую (традицию ремесла) и традицию университетскую (традицию чистой науки)» [4. С. 89]. Основополагающий для всей классической механики принцип относительности, как подчеркивает И.Б., «Галилей выдвинул в ходе борьбы за учение Коперника» [Там же. С. 95]. Таким образом, согласно И.Б., в формировании механики с самого начала (в XVII в.) важны технический и астрономический контексты. Первый, например, был также важен при разработке проблемы удара, а второй был связан с вкладом астронома И. Кеплера в механику.

В разные периоды, а порою и в трудах разных учёных одного периода, на передний план, как это следует из работ И.Б., выходят различные контексты. Так, при формировании основ классической механики в XVII в. от Галилея и Кеплера до Декарта и Гюйгенса и затем вплоть до Лейбница и Ньютона мы видим сложное переплетение астрономического, технического, философского и даже теологического контекстов.

После Эйлера и Лагранжа доминирующим в механике становится как будто математический контекст, связанный с интенсивным развитием методов аналитической механики в трудах Пуассона, Гамильтона, Якоби, Остроградского и др. Но при этом параллельно продолжает оставаться весьма существенным технический контекст. И.Б. исследует его в рамках направления «индустриальной механики»: «Мы обязаны школе индустриальной механики введением термина “работа” в его современном значении... и, таким образом, создаётся основа для создания науки о сопротивлении материалов... Как видно, школа индустриальной механики дала мощный стимул для развития всей прикладной механики и заодно содействовала уточнению понятий и принципов теоретической механики» [3. С. 155–166].

Накануне квантово-релятивистской революции в физике особое значение приобретают физический и геометрический контексты. В последние десятилетия XIX в. «создаются связи и переплетения механики с другими физическими дисциплинами... Если физика в целом становится “механичнее”, то механика становится “физичнее”...» [3. С. 7]. Геометрический же контекст в механике этого периода, с одной стороны, оказывается связанным с ин-

² Контекстуальный подход в современной философии науки обсуждается в недавней статье И.Т. Касавина «Контекстуализм как методологическая программа» («Эпистемология. Философия науки», 2005. Т. VI, № 4. С. 5–17).

тенсивной разработкой геометрических формализмов аналитической механики (многомерная риманова геометрия конфигурационного пространства обобщённых координат и симплектическая геометрия многомерного фазового пространства), а, с другой – с анализом геометрических и кинематических принципов механического движения в реальном пространстве. Последний аспект в это время становится существенным и в физике: именно в электродинамике и оптике движущихся тел, приведших в конце концов к теории относительности.

Особенно большое внимание И.Б. уделяет *математическому контексту* развития механики. Ему посвящена одна из важнейших работ И.Б. – «Математические структуры и физические теории (от Архимеда до Лагранжа)» [5], хотя в ней в основном речь идёт именно о механике.

Основная идея И.Б. заключалась в установлении связи фундаментальных физических теорий или их предшественниц с некоторыми лежащими в их основе математическими концепциями или математическими структурами, понимаемыми в духе Н. Бурбаки. Он рассмотрел цепочку из трёх звеньев: пифагорейская физика (соответствующая математическая структура – целые числа) – статика, гидростатика, элементы механики от Архимеда до Кеплера и Галилея (математическая структура – евклидова геометрия) – классическая механика и классическая физика (математическая структура – математический анализ).

И.Б. выделил два варианта взаимодействия физики и математики при построении физических теорий. В первом варианте физика использует «готовую математическую структуру», которая ранее сама возникла «в результате изучения физического мира» [5. С. 24–25]. Именно так обстояло дело и с пифагорейской концепцией и с применением евклидовой геометрии при построении статики и гидростатики Архимеда: «Это можно сформулировать в виде следующей схемы: изучение физического мира приводит к оформлению некоторой математической структуры, а затем новая физическая теория использует готовую математическую структуру, т.е. новая физика использует язык старой математики, в конечном счёте – язык старой физики, но придаёт ему большую общность» [Там же. С. 25]. «Современник Архимеда, – добавляет И.Б. (а можно было также добавить и классиков статики XVI–XVII вв. – С. Стевина, Галилея, Паскаля и др.), – склонный к смелым экстраполяциям, мог бы заменить пифагорейское «всё есть число» утверждением «всё есть геометрия» [Там же. С. 26].

Второй вариант – это разработка математической структуры специально для её использования при построении новой физиче-

ской теории. Именно этот вариант, по мнению Погребысского, реализовался при создании Ньютоном системы классической механики: «Таким образом, мы имеем здесь новый вариант взаимоотношения математической структуры и физической теории: первая сознательно строится для выражения и обслуживания последней» [Там же. С. 28].

И.Б. полагал, что одной из важнейших движущих сил в развитии точного естествознания является возникновение дисгармонии между новым физическим содержанием и старой математической структурой. Эта дисгармония ощущалась уже у Галилея и других предшественников Ньютона: «Классическая гармония математической структуры и физической теории поколеблена у Галилея» [5. С. 27]. «О “Началах” Ньютона, – продолжает И.Б., – можно сказать, что они созданы для восстановления этой гармонии» [Там же].

Правда, Ньютон использовал геометризованное представление математического анализа, затрудняющее понимание «Начал» для современного читателя. Но, тем не менее, «математику “Начал” мы рассматриваем как особую форму исчисления бесконечно малых, созданную заведомо не только в поисках строгости, но и как аппарат для нужд математического естествознания» [Там же. С. 28]. В результате, упомянутая гармония восстанавливается, что, с одной стороны, формирует новое «дифференциальное понимание» движения, а с другой, создаёт мощный импульс для развития дифференциального и интегрального исчисления как области чистой математики.

В конце XVIII в. и особенно в первые десятилетия XIX в. «математический анализ становится универсальной для физики математической структурой. Меняется взаимоотношение этой математической структуры и физических теорий, в которых она используется: первая становится главенствующей, вторая – подчинённой» [Там же. С. 29]. В развитии механики (и это можно распространить и на физику), полагает Погребысский, наблюдается чередование «содержательных» и «формальных» периодов. Первые имеют *понятийно-интерпретационный* характер; в такие времена свершается экспериментально-математический синтез, формируются фундаментальные теории. Их природа *революционна*. Таким был, например, ньютоновский синтез классической механики, связанный с достижением ею «математико-физической» гармонии. Последующий период в развитии механики был *эволюционным* и «*формальным*». Он начинается с Лагранжа и достигает зрелого уровня в трудах Гамильтона, Якоби, Остроградского; иначе говоря, речь идёт о почти столетнем развитии аналитической механики. «...При достаточном развитии

теории, когда определённые задачи удаётся сформулировать математически, нужный для их решения математический аппарат становится предметом исследования...», – так фиксирует И.Б. начало «формального» периода, связанного с аналитической механикой [4. С. 207].

Развитие аналитической механики не только привело к созданию новых эффективных методов решения конкретных механических задач (например, в области небесной механики), но и стало мощным ресурсом для изучения структуры классической механики как фундаментальной физической теории. Лагранжев, гамильтонов и другие формализмы, отразив структурное богатство механики, оказались весьма плодотворными и в физике и сыграли важную роль в квантово-релятивистской революции.

Как мы видим, И.Б. «формальным» периодам приписывал эволюционный характер. В такие периоды на основе сложившейся парадигмы успешно решались конкретные задачи, осваивались новые области применения, совершенствовался её математический формализм. Так обстояло дело, например, с посленьютоновским периодом развития классической механики. Однако, «со временем, когда движение в этом направлении будет приостановлено «сопротивлением материала», наступит пора и поисков новых интерпретаций результатов, полученных математически, и принципиально новых постановок проблемы...» [4. С. 207]. «Пора поисков» и знаменует собой начало «понятийно-интерпретационного», или революционного, периода. Такими периодами И.Б. считал, например, создание классической механики в XVII в. и квантово-релятивистскую революцию первой четверти XX века.

Вспомним также, что симптомы кризиса, ведущего к революции, И.Б. усматривал в возникновении дисгармонии между новым физическим содержанием и старой математической структурой. Решающим же этапом революции он считал восстановление этой гармонии. Таков был путь от Галилея к Ньютону, а в релятивистской революции от Лоренца к Пуанкаре и Эйнштейну (или от Лоренца и Пуанкаре к Эйнштейну и Минковскому).

В чередовании революционных («понятийно-интерпретационных», «содержательных», «неформальных») и эволюционных («формальных») периодов научного движения, согласно И.Б. Погребысскому, можно выявить своего рода «интегралы движения», «законы сохранения». Это и есть *сквозные идеи и принципы*, обеспечивающие преемственный, непрерывный характер развития научного знания.

Важной сквозной чертой развития механики является то, что оно «всё время шло путём исследования конкретных задач»

[4. С. 39]. Более того, «историю механики можно было бы изложить как историю нескольких основных задач и проблем (отличая первых от вторых большей конкретностью постановки)» [Там же. С. 303]. К таким задачам И.Б. причислял задачу о вращении твёрдого тела вокруг неподвижной точки, задачи о соударении упругих и неупругих шаров, небесномеханические задачи двух, трёх и *n* тел и др. Несмотря на до некоторой степени презентистскую традицию рассматривать долговременную историю отдельных «сквозных задач» или «сквозных понятий», таких как масса, пространство, время, сила (от Адама до наших дней – достаточно вспомнить серию известных монографий М. Джеммера), И.Б. избегал этого и предпочитал рассматривать их эволюцию системно, во взаимосвязи. Отсюда его интерес к основаниям и аксиоматике механики [6], историей которых он продолжал заниматься до своих последних дней. И.Б. отмечал «сквозную» незавершённость проблемы оснований механики и её аксиоматического построения вплоть до XX в.: «Итак, теоретическая механика в 80-е годы XVIII в. (т.е. через столетие после появления «Начал» Ньютона. – В.В.) была сильна тем, что обладала общими методами для математической формулировки широкого круга задач и располагала аппаратом математического анализа. Однако, те принципы и понятия, которыми она могла пользоваться, не были приведены в систему, и не были разграничены физические и формально логические проблемы, связанные с основами механики, – в этом была её основная слабость. В последующие десятилетия (и, по существу, в течение почти всего XIX в. – В.В.) будет усовершенствован математический аппарат механики, значительно расширен круг задач, которые могут быть сформулированы на языке дифференциальных уравнений, но проблема основ механики останется открытой» [4. С. 80].

Используя генетико-биологические образы «рецессивности» и «доминантности», Погребысский отмечает неравномерность, сложность развития «сквозных идей и понятий», «непрямолинейность “сквозных линий”»: «В истории науки не раз можно встретить направления и традиции, которые, как некоторые наследственные признаки, передаются с перескоком через поколение (или даже поколения). То, что иной раз «по состоянию на сегодня» кажется «рецессивным», отодвинутым, начинает отеснять то, что сегодня преобладает, «доминантное» [4. С. 73]. Так, доминантными с середины и конца XVIII в. становятся формально-аналитические структуры механики (Лагранж, Гамильтон, Якоби) и «молекулярная механика» Лапласа; проблема оснований же приобретает «рецессивный» характер, возрождаясь лишь в конце XIX в., накануне релятивистской революции.

Некоторые основополагающие принципы научного знания, получившие развитие в классической механике, приобрели затем общезначимое, и даже методологическое значение. Они также являются «сквозными». Помимо весьма общих принципов единства (сначала на основе классико-механической картины мира) и математизации (также на основе классической механики), к ним следует отнести принципы симметрии (относительности, инвариантности), сохранения (приобретшие после Эйлера и Лагранжа статус теорем или законов) и вариационные принципы. Сквозной характер вариационных принципов механики, ранее продемонстрированный в работах Л.С. Полака, отмечает и И.Б. Погребыцкий: «Ещё одна сквозная линия, проходящая в XIX в. через всю классическую динамику и связывающая её с механикой теории относительности (и, добавим, квантово-релятивистской физикой в целом. – В.В.), – это вариационные принципы» [4. С. 11]. Кстати говоря, в духе разумного презентизма И.Б. формулирует критерий для выявления сквозных тем и линий (понятий, принципов и т.д.): «В классической механике в течение XIX в. созревало то, что должно было стать основой для релятивистской механики» [4. С. 304] и, добавим, для квантовой механики.

От того, насколько далеко мы сможем продвинуться в изучении инвариантных, сквозных аспектов развивающегося научного знания, будет зависеть собственно научный уровень истории науки. Такой вывод напрашивается при анализе работ И.Б. Погребыцкого.

Сочетание контекстуальности с выявлением сквозных линий, составляющее ядро этой концепции, напоминает теоретико-инвариантный подход, присущий современной физико-математической мысли, или сочетание принципов симметрии и сохранения. Различные контексты – это своего рода различные проекции, связанные с различными системами отсчёта, и полное «инвариантное» описание развивающегося объекта (знания) достигается при по возможности полном их учёте и последующем синтезе. Выявление же «сквозных» понятий, принципов, структур соответствует нахождению «первых интегралов движения», или своего рода «законов сохранения» научного развития, обеспечивающих, кстати говоря, преемственность и фундаментальную непрерывность этого развития даже в периоды радикального преобразования оснований науки. Ориентация на установление «сквозных» линий в развитии научного знания содержит известную долю презентизма (суть которого в марксовской формуле: «анатомия человека – ключ к анатомии обезьяны»), который в трудах И.Б. дополняется контекстуальностью, нацеленной на реконструкцию духа эпохи и строя научного мышления, ей соответствующего.

Образцом сочетания этих подходов является книга Погребысского о Лейбнице [7]. Многие из идей Лейбница в течение почти двух веков находились в «рецессиве» и возродились лишь в XX в. Это касается и лейбницевского релятивизма, и его концепции предустановленной гармонии между математикой и природой, и фундаментальной роли понятия действия в точном естествознании. Фактически И.Б. всегда учитывал то обстоятельство, что история науки – это и история научного сообщества вместе с присущим ему комплексом научно-дисциплинарных структур. Об этом свидетельствует, например, его замечательный очерк по истории математики XX в. [8], в котором рассказу о развитии математических идей и теорий он предпосылает набросок «географии математики», включающий обзор основных математических центров, научных школ, научной литературы, математических конференций и конгрессов и т.п.

Если нам удастся сохранить в России культуру историко-научного исследования, что в нынешних условиях проблематично, последующие поколения исследователей всегда будут помнить, что у истоков отечественной профессиональной истории науки стояли такие замечательные умы, как И.Б. Погребысский, сочетавшие поразительную универсальность и глубину исследования с незаурядной энергией и высокими нравственными качествами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боголюбов Н.Н., Гнеденко Б.В., Дринфельд Г.И., Ишлинский А.Ю. Иосиф Бенедиктович Погребысский: Некролог // Успехи мат. наук. 1972. Т. 27. С. 227–235.
2. Боголюбов А.Н., Кляус Е.М. Иосиф Бенедиктович Погребысский // Вопр. истории естествознания и техники. 1987. Вып. 1. С. 120–128.
3. Погребысский И.Б. От Лагранжа к Эйнштейну: Классическая механика XIX в. М.: Наука, 1966. 328 с.
4. Погребысский И.Б. Становление классической механики (XVII в.) // История механики с древнейших времен до конца XVIII в. / Под ред. А.Т. Григорьяна и И.Б. Погребысского. М.: Наука, 1971. С. 83–121.
5. Погребысский И.Б. Математические структуры и физические теории (от Архимеда до Лагранжа) // Вопр. истории естествознания и техники. 1970. Вып. 2. С. 24–29.
6. Погребысский И.Б. Механика XIX в. и проблемы ее аксиоматики // Развитие современной физики. М.: Наука, 1964. С. 293–323.
7. Погребысский И.Б. Готфрид Вильгельм Лейбниц, 1646–1716. М.: Наука, 1971. 320 с.
8. Погребысский И.Б. Двадцатое столетие (первая половина) // Стройк Д.Я. Краткий очерк истории математики. 2-е изд. М.: Наука, 1969. С. 264–320.

ВКЛАД И.Б. ПОГРЕБЫССКОГО В НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКУЮ СЕРИЮ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Собрание научных биографий учёных, инженеров и изобретателей, изданное в созданной в 1959 г. по инициативе Института истории естествознания и техники АН СССР серии «Научно-биографическая литература» (далее – НБЛ), насчитывает в наши дни более 630 книг¹.

Украшением этой серии безусловно являются научные биографии четырёх учёных – Готфрида Вильгельма Лейбница, Фердинанда Миндинга, Михаила Васильевича Остроградского и Блеза Паскаля, написанные доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом Международной академии истории науки Иосифом Бенедиктовичем Погребысским, столетие со дня рождения которого научная общественность отмечает в этом году. Книги о Миндинге, Остроградском и Паскале написаны И.Б. в соавторстве с историками науки из Бреста, Киева, Ленинграда и Тарту.

Моё заочное знакомство с И.Б. состоялось в апреле 1961 г., когда в редколлегию серию НБЛ из Издательства АН СССР (с 1964 г. – «Наука») была передана его и Б.В. Гнеденко авторская заявка на подготовку научной биографии М.В. Остроградского. Тогда И.Б. жил в Киеве, а в 1962 г. переехал в Москву. В заявке говорилось: «около 10 лет тому [назад] одним из нас была написана книга о жизни и научной и педагогической деятельности Остроградского (Б.В. Гнеденко, «Михаил Васильевич Остроградский, М.: ГТТИ, 1952, 331 с.). С тех пор нам довелось принять активное участие в подготовке трёхтомного полного Собрания научных трудов Остроградского (Изд. АН УССР), сборника его избранных трудов (Ваше издание, 1958 г.), сборника его педагогических работ и документов, относящихся к его деятельности (Физматгиз, 1961), опубликовать несколько статей по вопросам истории науки, связанным с М.В. Остроградским. За эти же годы, в значительной мере в связи с упомянутыми изданиями, имеющими специальный характер, усилиями целой

¹ Сведения о книгах серии «Научно-биографическая литература» с 1961 по 1997 гг. приведены в четырёх справочниках-путеводителях, подготовленных З.К. Соколовской [1–4].

группы историков математических наук практически полностью выявлены архивные и печатные источники, содержащие сведения об Остроградском. Именно изучение столь значительного и нового материала привело нас к решению написать новую книгу о жизни, научном творчестве и педагогической деятельности М.В. Остроградского» [5].

Заявка была рассмотрена и принята редколлегией. Вскоре поступила и готовая рукопись, которую, согласно существующему положению, передали для заключения двум рецензентам – членам редколлегии А.Т. Григорьяну и А.П. Юшкевичу. Адольф Павлович свой отзыв заключил следующими словами: «Книга будет с интересом и пользой прочитана очень широким кругом читателей. Гарантией этого являются как высокий научный уровень, так и литературные достоинства изложения» [Там же]. Рукопись была редколлегией утверждена к печати, и в 1963 г. Издательство АН СССР выпустило книгу в свет [6].

Вторая книга – научная биография крупного математика, профессора Дерптского университета, почётного члена Петербургской Академии наук Фердинанда Миндинга – была написана И.Б. в соавторстве с Р.И. Галченковой и Е.П. Ожиговой из Ленинграда и Ю.Г. Лумисте из Тарту. Кроме того, что Иосиф Бенедиктович написал раздел о работах Миндинга по механике, он осуществил и научное редактирование всей рукописи вместо названного в авторской заявке, поступившей в редакцию в 1966 г., профессора И.Я. Деммана [5]. Положительные отзывы о рукописи дали А.П. Мандрыка и Б.А. Остроумов. В 1969 г. рукопись была сдана в издательство «Наука» и в 1970 г. опубликована [7].

В 1971 г. вышли ещё две книги И.Б. Погребысского: научные биографии двух великих учёных – французского математика, физика и философа Блеза Паскаля, написанная в соавторстве с Е.М. Кляусом и У.И. Франкфуртом [8], и немецкого математика, физика, механика, философа, историка, юриста и дипломата Готфрида Вильгельма Лейбница [9]. Обе книги получили почётные дипломы и премии на Всесоюзных конкурсах, проводимых ежегодно обществом «Знание» [10].

Отзывы о рукописи «Паскаль» дали В.Я. Френкель и Л.С. Фрейман. Обстоятельное заключение профессора Фреймана (от 10 января 1969 г.) мне хочется привести полностью:

«В книгах биографической серии, особенно если героем является учёный, работавший в разных областях науки, нередко наблюдается крен в какую-то одну сторону. Наиболее полно автор освещает какую-то одну грань деятельности своего героя – грань, наиболее ему близкую. Читатель от этого, естественно, всегда проигрывает.

В настоящем случае этого НЕ произошло. Паскаль, как известно, был не только великим математиком и физиком, но прославился и как философ, и как блестящий писатель, чей стиль, чья проза оказали огромное влияние на развитие всей французской литературы. И хорошо, что о нём написали авторы, так сказать, разных специальностей и устремлений. Они взаимно дополнили друг друга и “перекрыли” предмет исследования, в итоге чего освещение картины получилось более равномерным, а картина, я бы даже сказал, вышла стереоскопичной.

Вся многогранная деятельность Паскаля ТЕСНО УВЯЗАНА с историей XVII века и дана на фоне общего развития науки и культуры. Остановимся на физике. Мы знакомимся не только с работами самого Паскаля, не только с развитием его физических идей, но и с общим уровнем развития науки, с движущими идеями века, а также с тем, какое влияние оказали исследования Паскаля на современников и на учёных последующих поколений. И мы видим, что закон Паскаля, и следствия опыта на Пюи-де-Дом, и размышления о тяжести воздуха – всё это не осталось где-то в полужабытых трактатах, а отразилось в последующем развитии науки, и авторы всё это тщательно прослеживают.

Известно, что Паскаль, в соответствии с духом времени, интересовался наукой не только с теоретической стороны, но всегда искал, как сейчас говорим, пути претворения теории в ПРАКТИКУ. Им построенная счётная машина, он изобрёл ряд физических приборов, тачку, респуски, ему принадлежит идея организации омнибусного движения. Всё это тоже нашло отражение в рецензируемой работе.

Убедительно, доступно и вместе с тем на высоко научном уровне проанализировано математическое творчество Паскаля – от юношеских его работ до гениальных исследований циклоиды, где он ВПЛОТНУЮ ПОДОШЁЛ к дифференциальному и интегральному исчислению. Причём авторам удалось, не прибегая к сложным выкладкам и многочисленным чертежам, выявить и донести до читателя самую, так сказать, суть математических исследований Паскаля. Нельзя также не отметить и НОВУЮ ТРАКТОВКУ роли Паскаля в качестве основоположника теории вероятностей.

Знакомя нас с Паскалем-философом, авторы вполне тактично и психологически убедительно отмечают те религиозно-мистические наслоения, которые долго заслоняли (а для многих исследователей заслоняют ещё и по сей день!) истинное лицо Паскаля-мыслителя. Паскаль-философ не шёл прямой дорогой, в его философии много путанного и противоречивого, но вместе с тем, как истинный сын века рационализма, он верил в РАЗУМ и говорил о нём словами вдохновенными и высокими.

И наконец, читатель не может не получить истинного удовлетворения от тех мест книги, где Паскаль обрисован как БОРЕЦ с иезуитским мракобесием и где прослежена история создания “Писем к провинциалу”. Эта сторона деятельности великого учёного не может восприниматься иначе как нечто очень и очень злободневное, поскольку то зло, с которым Паскаль боролся, против чего он бунтовал, ещё продолжает существовать.

Рецензируемая книга написана на основе большого фактического материала, причём факты, используемые авторами, взяты не из вторых рук, а из первоисточников. Это придаёт книге особую достоверность и подымает её общий удельный вес. Считаю, что она заслуживает безусловно ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ оценки и скорейшего опубликования» [5].

Большой удачей, на мой взгляд, можно считать решение авторов привести в книге в качестве эпиграфов фрагменты из знаменитого произведения Паскаля «Мысли», причём не только к книге в целом, но и к каждой её главе. Книга начинается словами: «Всё наше достоинство заключено в мысли. Не пространство и не время, которых мы не можем заполнить, возвышают нас, а именно она, наша мысль. Будем же учиться хорошо мыслить: вот основной принцип морали. Паскаль» [8. С. 236].

Очень высокую оценку дали рецензенты Б.Г. Кузнецов и М.С. Соминский и другой рукописи Погребысского, посвящённой Лейбницу. Приведу здесь фрагмент отзыва Б.Г. Кузнецова:

«Среди великих учёных прошлого Лейбниц – один из наиболее трудных для биографа. Это подтверждается тем, что в литературе о Лейбнице, достаточно полный список которой составляет том внушительного объёма, биографии научного значения почти что отсутствуют, а наиболее основательная биография Лейбница, написанная Гурауэром, появилась в 40-е годы XIX века. Это не значит, что интерес к Лейбницу снизился. Наоборот, о нём пишут всё больше и у него находят всё больше предвосхищений идей современной науки. Ретроспективный анализ творчества Лейбница становится всё более глубоким, и нет ни одной из многочисленных областей его деятельности, которую не изучали бы: слишком многое у него остаётся актуальным и для второй половины XX века.

Трудная задача рассказать нашему читателю в доступной форме, но без снижения научного уровня, об исключительно многостороннем учёном, о философе, изобретателе, общественном и политическом деятеле решена автором вполне успешно. В первых восьми главах преобладает биографический элемент. Охарактеризована среда, в которой Лейбниц рос и сформировался, условия, в которых ему довелось работать и действовать, дано достаточно полное представление о его мировоззрении, о его научных интересах и результатах, о его просветительской деятельности, о том, к чему он стремился и чего достиг. Но кроме этого автор в трёх главах, образующих вторую часть книги, детально рассматривает то, что Лейбницем сделано в физико-математических науках. Эта часть книги основана в значительной мере на собственных исследованиях автора. В первых восьми главах также есть ряд оригинальных анализов и характеристик...» [5].

Сам Иосиф Бенедиктович в Заключение к книге, подводя итог проведённого биографического исследования, дал удивительный

тельно правильную характеристику Лейбницу-учёному и Лейбницу-человеку:

«Лейбница можно назвать гением компромисса, и в этом он вполне сын своего времени и своего класса. ... как политик он искал пути к примирению враждебных группировок внутри Германии и во всей Европе, к созданию условий для “вечного мира”; как религиозный деятель он стремился объединить католицизм и протестантство и отдал этому делу много сил и времени; как учёный он не ограничился исследовательской деятельностью, а стал одним из выдающихся просветителей немецкого народа ... Но Лейбниц был не только гением компромисса; его, деятеля переходной эпохи, отличали также восприимчивость к новому, динамизм, диалектичность мышления. ... В поисках большего простора для своих сил Лейбниц всю жизнь оставался в услужении тех, кто занимал престолы, и мог убедиться на своём опыте в том, что высок порог чужого дома и горек там хлеб. И слишком многое доводилось ему делать и не делать против своей воли.

Компромиссы позволяют безбедно просуществовать посредственностям, но они не могут не принижать талантливых людей, а гениальным они просто противопоказаны: характер гения постепенно становится недостойным его дарований, поступки – недостойными его характера. Но закончить рассказ о Лейбнице надо, сказав, что это был один из самых мощных умов, каких знает история, и что он всегда стремился творить благо, а не зло» [9. С. 310–312].

После выхода книги в свет в периодической печати появились прекрасные отзывы о ней. Так, в одном из них А.П. Юшкевич писал:

«Не будучи хроникой жизни Лейбница, эта книга основана на точно установленных фактах; не будучи романом о его жизни, она написана с большим литературным мастерством. Коротко говоря, – это художественная научная биография Лейбница. Правда, не все стороны деятельности знаменитого учёного рассмотрены в ней одинаково полно. Такой задачи – дать всё о Лейбнице – автор перед собой и не ставил. Как мы читаем в предисловии, у автора “были две более скромные цели: изложить достаточно полно биографию Лейбница (первая часть книги) и рассказать о том наследии этого универсального гения, что автору доступнее, – о творчестве Лейбница в области физико-математических наук (вторая часть)”. Обои этих целей автор, скоропостижно скончавшийся через несколько дней после выхода в свет этой книги, успешно достиг» [11. С. 76].

Тираж «Лейбница» – 7500 экземпляров – очень быстро разошёлся. Так же, как это было со многими книгами НБЛ. 25 лет назад при подготовке очередного справочника-путеводителя по серии я поднимала вопрос о необходимости тратить часть весьма скромного издательского лимита серии на переиздание некоторых наших прекрасных книг, в том числе и «Лейбница»

И.Б. Погребысского [2. С. 44]. В 2004 г. благодаря Е.И. Погребысской и Вл.П. Визгину второе издание «Лейбница» увидело свет.

В заключение – несколько слов об Иосифе Бенедиктовиче Погребысском, члене редколлегии серии НБЛ. В 1966 г. Редакционно-издательский совет АН СССР поддержал предложение редколлегии этой серии о включении в её состав И.Б. Погребысского, который сразу же активно включился в работу. Он не только был автором названных выше научных биографий, но и выступал в качестве ответственного редактора книг о В.А. Стеклове Г.И. Игнациуса (1967) и о А.Г. Столетове М.С. Соминского (1970); рецензировал поступавшие в редколлегию рукописи научных биографий; публиковал обстоятельные рецензии на вышедшие книги, в частности, на биографию Гюйгенса, написанную У.И. Франкфуртом и А.М. Френком [Там же. С. 139].

К великому сожалению, эта деятельность И.Б. в редколлегии продолжалась недолго – всего пять лет. Но эти годы оставили яркий след в «жизни» серии. И я очень надеюсь на то, что в недалёком будущем среди книг академической серии появится и научная биография самого Иосифа Бенедиктовича, написанная его учениками и последователями, с таким уважением и теплотой выступавшими здесь – на торжественном заседании, посвящённом 100-летию со дня рождения УЧЁНОГО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколовская З.К. 200 научных биографий. М.: Наука, 1975. 182 с.
2. Соколовская З.К. 300 биографий учёных. М.: Наука, 1982. 389 с.
3. Соколовская З.К. 400 биографий учёных. М.: Наука, 1988. 510 с.
4. Соколовская З.К. 550 книг об учёных, инженерах и изобретателях. М.: Наука, 1999. 538 с.
5. Архив серии НБЛ в ИИЕТ РАН.
6. Гнеденко Б.В., Погребысский И.Б. Михаил Васильевич Остроградский, 1801–1862. М.: Наука, 1963. 271 с.
7. Галченкова Р.И., Лумисте Ю.Г., Ожигова Е.П., Погребысский И.Б. Фердинанд Миндинг, 1806–1885. М.: Наука, 1970. 224 с.
8. Кляус Е.М., Погребысский И.Б., Франкфурт У.И. Паскаль, 1623–1662. М.: Наука, 1971. 432 с.
9. Погребысский И.Б. Готфрид Вильгельм Лейбниц, 1646–1716. М.: Наука, 1971. 319 с.
10. Артоболевский И.И. Двести гигантов, раздвинувших горизонт // Известия. 1976. 21 июля.
11. Юшкевич А.П. Новая литература о Лейбнице // Вопр. истории естествознания и техники. 1972. Вып. 1. С. 76.

ВОСПОМИНАНИЯ И ВПЕЧАТЛЕНИЯ О И.Б. ПОГРЕБЫССКОМ

С.С. ДЕМИДОВ

Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН

Я познакомился с Иосифом Бенедиктовичем в годы учёбы в аспирантуре, которую проходил в кабинете истории математики и механики механико-математического факультета МГУ. Изредка я видел его на нашем семинаре и даже слушал там его выступления, а также часто встречал в Ленинке. Я уже не помню, кто и как меня ему представил. Во всяком случае, пересекаясь в Ленинке, мы раскланивались, а однажды, встретив меня там, он, заинтересовавшись моими занятиями, заметил, что тема, над которой я работаю, его очень интересует и он будет рад, если я буду ему иногда рассказывать, как движется моя работа. Не думаю, что чрезвычайно загруженному делами Иосифу Бенедиктовичу было уж так интересно выслушивать откровения начинающего школяра. Полагаю, что предложение это было продиктовано ображениями чисто педагогическими: он хотел, прежде всего, поддержать молодого исследователя. А поддержка эта многого стоила. Известный учёный, для меня тогда небожитель из круга А.П. Юшкевича, Б.Г. Кузнецова, интересуется моими делами! Значит то, над чем я работаю, действительно представляет интерес. Это, конечно, придало мне сил и уверенности. Недаром я помню об этом его царственном жесте уже более 40 лет.

От этого периода у меня сохранилась память о докладах Иосифа Бенедиктовича – всегда очень глубоких по содержанию, безупречных в математической части и поражающих богатством культурного контекста, в который эта математика погружена. Я хорошо помню его выступление на семинаре в 1965 или 1966 г. Он рассказывал об одном из первых качественных методов в теории дифференциальных уравнений, который он обнаружил в работе 1865 г. французского механика А. Леоте по теории автоматического регулирования, предвосхищавшей революционные исследования А. Пуанкаре по качественной теории дифференциальных уравнений (1881–1886 гг.). Содержание этого доклада было воспроизведено в статье, опубликованной в одном киевском сборнике в 1968 г. и перепечатанной в 1997 г. во 2(37) выпуске «Историко-математических исследований». Говорил он всегда негромко, не форсируя особенно голосом наиболее важные места, но выделяя их скорее интонационно. Свой рассказ он перебивал иногда изящной шуткой, всегда очень уместной.

Ещё я хорошо помню, насколько точны и существенны были его вопросы по моей кандидатской диссертации, которые он поставил передо мной в качестве официального оппонента.

Серьёзное знакомство с его работами произошло у меня уже после его смерти. Как и в случае с его докладами, эти работы всегда отличает точность математического языка, глубина и основательность историко-научного анализа, проработанность историко-культурного контекста изучаемых идей. Мне часто приходится пользоваться его уже ставшей классической книгой «От Лагранжа к Эйнштейну: Классическая механика XIX века» (1966), превосходно написанной и выдержавшей уже два издания; биографией Г.В. Лейбница (1971); написанными им разделами в книгах «История механики с древнейших времён до конца XVIII в.» и «История механики с конца XVIII в. до середины XIX в.», вышедших соответственно в 1971 и в 1972 г. под совместной редакцией самого Иосифа Бенедиктовича и А.Т. Григоряна. Эти тексты служат одновременно и надёжными источниками по истории научных идей, и замечательным образом стимулируют творческую мысль читателя.

Особенно я хочу остановиться на очерке Иосифа Бенедиктовича о развитии математики в первой половине XX в., написанном в качестве дополнительной главы для второго издания (1969) русского перевода «Краткого очерка истории математики» Д.Я. Стройка и воспроизводимом во всех последующих его изданиях. Этот сжатый концентрированный рассказ об организации математических исследований, о главных действующих лицах, об эволюции математических институтов, о жизни мирового математического сообщества в эту переполненную эпохальными событиями половину столетия (две мировые войны, революция в России!!!) был написан в середине 60-х годов, когда к изучению истории математики XX века ещё и не приступали. Я вряд ли ошибусь, если скажу, что это был первый в мировой научной литературе очерк развития математики в XX в., при этом очерк блистательный – недаром его воспроизводят сегодня в новых изданиях книги Д.Я. Стройка во многих странах мира. Этот очерк не устарел и по сию пору: он с успехом используется сегодня в преподавании курса истории математики в университетах нашей страны, в частности, в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова. По своему жанру его следовало бы отнести к модному сегодня в истории науки направлению – социальной истории математики. Напомню, однако, что в 60-е годы, когда он писался, такое направление де-юре ещё не существовало (хотя де-факто исследования по нему, хотя и не очень активные, велись, к нему следует отнести и саму книгу Д.Я. Стройка).



Эйлеровские торжества в Ленинграде

Здесь И.Б. Погребысский выступил одним из первопроходцев. Впрочем, как каждый выдающийся учёный, он являлся первопроходцем по самой своей сути: очень многое, содержащееся в его трудах (касается ли это трудов Г.В. Лейбница или Г.Ф. Вороного, или развития математического анализа в XIX в.) мы начинаем понимать только сегодня, многое откроется нам завтра. Чтение его работ – большая школа и для начинающего исследователя, и для уже сложившегося специалиста.

В заключение скажу, что я рассматриваю знакомство с таким человеком, как Иосиф Бенедиктович Погребысский, как одну из редких жизненных удач. Такая встреча – это соприкосновение с самой культурой в одном из ярких своих проявлений.

Вл.П. ВИЗГИН¹

Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН

Будучи аспирантом ИИЕТ, я не так часто бывал в Институте и только изредка видел И.Б. Погребысского. Моим руководителем был Л.С. Полак, который в 1960-е годы хотя и был связан с Институтом, но уже не работал там. После окончания аспиранту-

¹ Эти фрагменты воспоминаний включены в полный текст доклада о Погребысском, опубликованный в «ВИЕТ», 2006. № 2.

ры в конце 1967 г. я был зачислен в ИИЕТ и вскоре защитил кандидатскую диссертацию об истории взаимосвязи принципов симметрии с законами сохранения в классической физике, в частности, и в аналитической механике.

Незадолго до этого вышла монография И.Б. «От Лагранжа к Эйнштейну» (1966), в которой было много замечательного и нового для меня и которую я использовал при подготовке текста диссертационной работы. Но всё-таки в ней не было того, что я «накопал» в своей диссертации, и это меня радовало.

Припоминаю, что И.Б. несколько раз присутствовал на моих выступлениях (думаю, что на институтских конференциях аспирантов и м.н.с. в 1965–1967 гг.) и даже защищал меня от казавшейся мне излишне резкой критики А.Н. Вальцева, который считал мой подход чрезмерной модернизацией (речь шла при этом о развитии взаимосвязи «симметрия–сохранение» как предыстории теоремы Нётер). Когда в 1969–1970 гг. готовилась к публикации «История механики с древнейших времен до конца XVIII в.» (под редакцией А.Т. Григорьяна и И.Б. Погребысского), Л.С. Полак, автор раздела о вариационных принципах, предложил мне написать раздел о законах сохранения и принципах симметрии в механике. Фактически это было частью моей диссертации. Мэтры (помимо Полака это были А.Т. Григорьян, И.Б. Погребысский и др.) отнеслись ко мне снисходительно и включили мой раздел, несколько выпадавший и по стилю, и по содержанию, и даже хронологически из общего плана, в это престижное издание. И.Б. попросил меня только разъяснить некоторые места; фактически же предложенный мной текст был напечатан без редакционной правки. Есть одно важное свидетельство интереса И.Б. к проблеме взаимосвязи «симметрия–сохранение», в частности к проблеме законов сохранения в общей теории относительности (ОТО), – это перевод им содержательной статьи польского теоретика А. Траутмана «Законы сохранения в ОТО» для «Эйнштейновского сборника. 1967». Кстати говоря, И.Б. на XI Международном конгрессе по истории науки был избран членом Эйнштейновского комитета, а председателем был Б.Г. Кузнецов).

С самого начала я воспринимал И.Б. как бесспорного мастера истории науки. От других мэтров, как мне кажется, он отличался тремя особенностями: своей лингвистической культурой, редкой историко-научной универсальностью (он свободно в своих исследованиях переходил от античности к XIX и даже к XX векам; он в равной мере был историком механики, математики и в какой-то мере и физики) и, наконец, он действительно знал математику и механику и мог кратко и точно ответить на вопросы из самых разных областей современной физико-математической мысли.

Мое восхищение И.Б. усиливалось ещё тем, что он был шахматным мастером и даже чемпионом Украины в 1930-е годы. Шахматная жизнь в конце 60-х годов в ИИЕТ кипела: Институт участвовал в каких-то межинститутских соревнованиях, устраивались командные игры между различными секторами, частенько после работы игрались блиц-партии. Конечно, И.Б. только иногда позволял себе сыграть с нами и продемонстрировать свой класс. Изредка кому-нибудь из нас удавалось в блиц-игре сделать ничью или даже выиграть у мастера, что было предметом гордости на долгие годы. А.Н. Боголюбов, друг И.Б., младший брат академика Н.Н. Боголюбова, в своих неопубликованных воспоминаниях приводил слова старшего брата о шахматном увлечении И.Б.: «Юзик Погребысский проиграл свою докторскую в шахматы». Наверное, он имел в виду, что, используя время, затраченное на шахматы, И.Б. уже в 30-е годы мог бы оформить свои результаты в виде докторской диссертации. Напомню, впрочем, что весной 1941 г., накануне войны И.Б. закончил докторскую диссертацию по гидродинамике, которая погибла в Киеве во время войны. Вторая докторская работа была защищена И.Б. в 1965 г. по истории теоретической механики и фактически составила основу его блестящей монографии 1966 г. «От Лагранжа к Эйнштейну».

Я знал, что И.Б. прошёл войну от рядового до майора, был награждён многими боевыми наградами, и это вызывало особое уважение. Ещё помню, какое большое впечатление на меня и на всех присутствующих произвело то, как И.Б. на каком-то заседании, посвящённом 100-летию со дня рождения В.И. Ленина, читал фрагменты «Высокой болезни» Б.Л. Пастернака, которые были далеки от юбилейных славословий:

И эта голая картавость
Отчитывалась вслух во всём...

И далее звучавшее загадочно и пророчески четверостишие:

Я думал о происхожденьи
Века связующих тягот.
Предвестьем льгот приходит гений
И гнётом мстит за свой уход.

Конечно, работая в конце 60-х годов в Ленинской библиотеке, я не раз встречал там И.Б. в компании с У.И. Франкфуртом, Б.Г. Кузнецовым и А.Н. Боголюбовым, когда они, как вспоминал последний, «висели» на мраморных перилах второго этажа или беседовали на лестничной площадке перед докторским залом. Но я держался на расстоянии от них по молодости и потому что был учеником Л.С. Полака, у которого, как мне чувствова-

3 ТВОРЧОЇ СПАДЩИНИ

Ось фрагмент партії Погребиський — Корчмар з чемпіонату України 1937 року, в якому київський майстер здобув другий приз після легендарного Богатирчука.

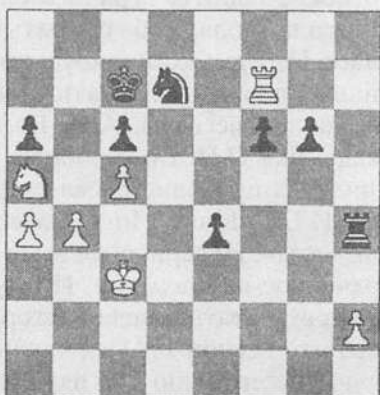


1. Кс6! бс 2. Кd5! (якщо тепер 2... сd, то 3. Cd5 Крh8 4. Са8 з виришальною перевагою білих).

2... Крh8 3. Ке7 Фе7 4. Фb4 (тут у разі 4... с5 було б 5. Cd6 Фd6 6. dc Фb8 7. Фа3!).

4... Tf6 5. Тс6 а5 6. Cd6 Фе2 7. Фb3 Са6 8. Cf3 Фе8 9. Cf4 і білі виграли.

А це — закінчення партії Геллер — Погребиський з чемпіонату України 1949 року (де вони розділили 2-3 місця.).



Майбутній супергросмейстер, котрий грав тут білими, створив загрозу b4-b5. Але...

1... Th3 2. Крd4 f5! (на 3. b5 було б 3... Тd3 4. Крс4 ab 5. ab cb 6. Крb5 Тd5! 7. Кb3 е3 і чорні виграють).

3. Тg7 Тd3 4. Крс4 f4 5. Кс6!? (спроба ускладнити проблеми чорних).

5... Крс6 6. b5 ab 7. ab Крс7 8. Tf7 f3 9. с6 Крс8! 10. cd Тd7 11. Tf8 Тd8. Білі здалися. ■

Фрагмент статті Е. Лазарева «Маестро-універсал» («Спортивна газета» № 37 за 20–25 мая, 2005 г. С. 14) с діаграмми из шахматных партий Погребисского

лось, были непростые отношения с Б.Г. Кузнецовым, считавшимся лидером упомянутой группы.

Несмотря на эту дистанцию, уже сейчас размышляя о своих работах, темах и идеях, которые занимали меня в 70-е и последующие годы, я обнаруживаю несколько неожиданно для себя, что они иногда восходят к работам И.Б. Особенно это касается проблем взаимодействия физики и математики, в частности, сопоставления фундаментальным физическим теориям определённых математических структур и выстраивания соответствующих цепочек, а также концептуальных аспектов аналитической механики и взаимодействия физики и механики и т.д.

Я скажу о книге И.Б. о Лейбнице, поскольку сегодня эта тема мне ближе остальных.

Прежде всего мне кажется знаменательным, что И.Б. выбрал в качестве своего героя именно Лейбница, который на первый взгляд кажется малоинтересной фигурой и лишь при ближайшем рассмотрении – фигурой чрезвычайно привлекательной.

Когда я обратился в РФФИ с заявкой на грант для изучения творчества Лейбница, председатель соответствующей секции сказал мне: «Да Бог с Вами, мы лучше дадим деньги какому-нибудь доценту из Иванова, который напишет нам о русском учёном, а Вы – о Лейбнице». Прелесть ситуации состояла в том, что проект был совместный – российско-немецкий, и деньги на такие совместные проекты выделяют немцы.

И вот сегодня у русских есть две книги о Лейбнице – перевод из Куно Фишера 1905 г. и книга И.Б. 1971 г.

Что могло привлекать И.Б. в личности Лейбница? Тем, что «для Лейбница – я цитирую книгу И.Б. – оказалось, что всякий индивидуум (поскольку субстанция обязательно индивидуальна) как создание абсолютного разумного божества был идеей этого божества и материальным воплощением целеустремленного акта творения. Индивидуум не может не быть чем-то ценным и нужным в задуманном Богом и созданном Им мире».

Идея уникальности и – вследствие этого – ценности каждого отдельного человека у Лейбница специально подчеркивается И.Б. и подробно рассматривается как фундаментальное философское понятие, а если учесть, что книга написана в конце 60-х годов, можно себе представить, насколько это шло вразрез с официальными идеологическими установками. И как И.Б. удалось всё это вставить в книгу, не знаю. Но удалось.

К этому могу добавить, что в то же самое время – начало 70-х годов (в этом вот самом здании, где помещалось издательство «Знание») у меня зарубили популярную книжку по истории науки за «абстрактный гуманизм», а её редактора выгнали с работы.

Но в книге И.Б. главное – не только это. Хотя, конечно, уважение, интерес и любовь к своему герою – залог успеха биографической книги. Но нужен ещё талант и понимание. Этими качествами И.Б. обладал в полной мере. И чем крупнее учёный, тем труднее это сделать. Мне когда-то пришлось писать биографический очерк о Лейбнице. Два источника оказались мне особенно полезны в работе – это книга И.Б. и статья Лопатина в Брокгаузе.

Существует много работ о философии Лейбница, о его трудах по логике, математике и т.д. Но создать достоверный образ такого разностороннего и такого фундаментального в каждой области учёного – нелёгкая вещь. И.Б. смог это сделать.

Я ограничусь одним примером: математическим работам Лейбница посвящены томы и томы. А вот его работам по механике и физике не повезло. Во время жизни И.Б. существовало их, строго говоря, две – книга Костабеля «Лейбниц и Динамика» 1960 г. и фрагменты по физике, изданные Герляндом в год рождения И.Б. В книге И.Б. работам Лейбница по физике, механике и технике посвящены две небольшие, но очень содержательные главы. Всё, что было ему доступно – самые последние историко-научные статьи, самые последние опубликованные работы – было прочитано, изучено, экономно использовано и талантливо рассказано.

Вот, пожалуй, и всё, что я хотел сказать.

А.И. ЕРЕМЕЕВА

ГАИШ МГУ

*(научный сотрудник Института истории
естествознания и техники АН СССР
в 1954–1967 гг.)*

Я хочу вспомнить о далёком времени. Я одна из тех, кто начинал сразу после окончания университета в 1954 г. работать в этом, ещё совершенно молодом, только что возрождённом тогда Институте истории естествознания и техники АН СССР. И сегодня, проходя сюда мимо «нашего» 2-го подъезда², я сразу припомнила те далёкие времена. (Это же был подъезд рядом с нашим Сектором. Справа от него на 1-м этаже был наш Сектор истории физико-математических наук с огромным во всю стену, окном, и я в первый год на этом окне пыталась выращивать... извините... огурцы! Все окна были заплетены зеленью – очень солнечно бывало.)

У меня такое впечатление, особенно окрепшее с годами, что нам – немногим тогда молодым «эмэнэсам» (младшим научным сотрудникам) нашего Сектора было позволено взойти на своеобразный Олимп. Никогда не забуду, как входил Василий Павлович Зубов и вопрошал своим нарочито «барственно-театральным» голосом: «Где тут наш корифейник?» – Это был журнал росписей присутствия, и там расписывались наши профессора (в «нашем

² В то время ИИЕТ АН СССР располагался в здании Политехнического музея.

местном» простонародье мы их и окрестили корифеями). Они обязаны были также расписываться в нём, как и все. Это было абсолютно, совершенно блестящее собрание характеров, умов потрясающих... Тут все они перечислялись, но надо не забывать, что кроме чисто штатных сотрудников у нас же блистали там, на этом Олимпе, Иван Николаевич Веселовский (интеллигент старой закалки, классический учёный, блестящий историк механики и полиглот, переведший Коперника с латыни и Птолемея с древнегреческого); ярчайший Дмитрий Дмитриевич Иваненко, один из творцов современной физики, который действительно, как метеор, врвался со своим быстрым говором... (Голос чей-то поправляет, что он был когда-то и сотрудником сектора... Я в этом не очень разбиралась). И потом – Татьяна Николаевна Горнштейн и Лев Соломонович Полак, которые были буквально, *отбиты* Ашотом Тиграновичем, когда шла эта ужасная реабилитация после 1956 г., с новыми препятствиями – так что это было (как он мне сам рассказывал) тоже нелегко. И вот у нас появились эти неординарные люди. Они были потрясающими ещё и тем, что не утратили за десятилетия тюрем и ссылок свой творческий потенциал, свою активность и смогли сыграть огромную роль во всей жизни и Сектора, и Института.

И все мы там, в этом институте – ещё в этом же здании Политехнического музея – пережили полный переворот «картины мира» устоявшейся в нас с рождения, когда нам Кольман, да, наш философ математики Эрнест Яромирович Кольман – какая это яркая фигура была, при всей своей противоречивости! – когда он читал нам (не менее двух часов, помнится) это письмо Хрущева! У нас же всё перевернулось, встало с головы на ноги, можно сказать. Это был незабываемый взлёт к свободе духа, получивший потом имя «Хрущёвской оттепели»! С каким воодушевлением мы готовились к 50-летию советской власти, когда должна была выйти целая серия трудов Института – история физики, история астрономии и так далее... Мне было поручено вести астрономический том.

Никогда не забуду и дальнейшего, – когда мы попытались написать объективную историю (на это я ориентировала и приглашаемых внешних авторов) – замечательную, со многими успехами, но и объективную, чтобы в ней не только звучали тосты, что называется, за юбилей, но упоминалось и о тёмных, трагических страницах, о безвинной гибели многих учёных в лавине псевдо-политических репрессий 30-х годов, начавшихся с Ленинграда, с разгрома Астрономического института и Пулковской обсерватории...

Но теперь нам приходилось отчаянно бороться за эту объективность... Окончание работы над книгой пришлось уже на ко-

нец 60-х (1966–1967 гг.), когда в верхах в страхе перед открывшейся правдой начался «откат» в интерпретации результатов XX съезда партии и подошел этот 23-й съезд [голос: «XX-й !»] Нет, именно 23-й! С его попыткой дать истории задний ход, когда начался новый «инструктаж» (в специальном «указующем» докладе Демичева) всего руководящего и в науке состава (в том числе и нашей дирекции) о повороте идеологической линии в сторону умаления преступлений тоталитарной большевистской системы, сведения всей трагедии страны к неким незначительным заблуждениям и уклонениям в политике нашего «верховного жреца» и повелителя. Во время этой битвы за объективность истории нам приходилось бороться буквально за каждую строчку, которая выходила из ряда славословия... (Главным редактором был Л.С. Полак, я же – учёным секретарем тома.)

В это самое время (весна 67-го) встречаю я как-то в нашем институте Иосифа Бенедиктовича. Он во всём этом не принимал участия, он участвовал в других томах. И вот, понимаете, какая острота восприятия! Какое чёткое определение наступавшей эпохи! Как он точно отрецензировал этот этап, эту эпоху: *«Что, – говорит, – Алина, сбой на 23-м километре?...»*

Это было настолько чётко и точно сказано!

А ещё я хочу вспомнить один – весьма, нет, самый – трагический момент... Может быть, не все это знают.

Леониду Ефимовичу Майстрову – он тоже был членом нашего сектора, именно ему выпала тяжелейшая доля – перевезти в Москву тело Иосифа Бенедиктовича после того, как он скончался в Ленинграде. Л.Е. мне рассказал о том, как встретил Иосиф Бенедиктович последний миг своей жизни. Насколько была насыщенной жизнь Иосифа Бенедиктовича! – Летящий поезд, огромная энергия! И вот, представляете, на улице Ленинграда человек падает. Ну, его перевезли в ближайший медпункт и увидели, что ему остаётся жить... какие-то минуты, а может и меньше, и спросили: «Скажите, у вас есть какой-нибудь телефон в Ленинграде, кому можно было бы позвонить: у вас инфаркт».

И что же он сказал прежде всего? – «Только этого мне ещё не доставало!» – Знаете, так это, с досадой, как отмахнулся от чего-то... Настолько он весь был устремлён к новому, к новым делам... работам... И вдруг – как сброс с подножки мчащегося поезда!... Это было настоящей трагедией!! Потому что, ну что такое – 65 лет? Сейчас мы считаем, что это вообще ещё не «возраст». Поэтому такое острое ощущение потери мы переживаем даже теперь, спустя 35 лет, отмечая его 100-летнюю годовщину.

Это, конечно, был не только Большой учёный, но и необычайный, светлый Человек, одним словом, один из тех «Олимпийских Богов», с которыми нам посчастливилось оказаться вместе в нашем замечательном Секторе истории, тогда ещё и физики, и математики, и механики, и астрономии...

М.М. РОЖАНСКАЯ

Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН

Писать об И.Б. Погребысском непросто. Его образ никак не помещается в традиционные рамки о людях науки. Во всём он был необычен. Я не буду перечислять его научные заслуги. Об этом скажут другие. Я же говорю о его облике человека и учёного в целом.

Иосиф Бенедиктович представлял собою уникальное явление не только в истории математики (и вообще в математике) и истории механики, и в целом в истории науки и культуры. Это был светлый и яркий талант, доставляющий радость, и не просто радость, а счастье всем, кому довелось с ним общаться. Это совершенно не зависело от того, было ли это обсуждением каких-либо фундаментальных проблем науки, политики, истории, литературы или просто обычной беседой на житейские темы.

И.Б. был не просто светлым человеком, он действительно излучал свет, стараясь при этом скромно оставаться в тени. И огромная эрудиция, которая просто потрясала. Таково было моё ощущение при первой встрече с ним. И чем дольше я с ним общалась, тем больше убеждалась в этом.

Вообще говоря, в то время я была довольно высокого мнения о собственной персоне. Окончила два факультета университета, написала диссертацию, знала языки, слышала похвальные отзывы о себе и т.д. Но тут я поняла, что рядом с ним, настоящим учёным и знатоком многого, о чём я имела лишь поверхностное представление, я всего лишь самонадеянная дурёха и тупица.

В жизни мне довелось общаться с большими учёными: И.Ю. Крачковским, С.П. Толстовым, А.В. Арциховским, С.А. Токаревым и др., – но все они были гуманитариями и о естественных науках имели самое туманное представление. А здесь передо мной был подлинный энциклопедист: не только прекрасный математик, но и блестящий историк математики, механики и вообще истории науки, широко и глубоко образованный в самых разных сферах естественных и гуманитарных наук. Почти уверена, что он и стихи писал, а если и нет, то в душе всегда оставался поэтом.

После общения с ним у меня всегда оставалось ощущение, что я стою перед гигантом, сравнимым с Леонардо да Винчи, Галилеем, столь любимым им Лейбницем, с титанами, на плечах которых, фигурально выражаясь, стоит современная наука.

Огромная эрудиция и глубокая образованность И.Б. во всех вопросах, с которыми мне приходилось к нему обращаться, поражала меня. На все свои вопросы я получала ясные и исчерпывающие ответы и объяснения.

А обращаться к нему приходилось достаточно часто. Прежде всего, в процессе работы над двухтомной «Историей механики», в особенности над первым томом, охватывающим период с древнейших времён до конца XVIII века. Это была тема, с которой началась моя работа в ИИЕТ, в основном, редакторская, хотя я была автором трёх первых глав и переводчиком четвёртой. Автором большей части остальных был Иосиф Бенедиктович. Это был мой первый опыт участия в коллективной монографии. Свои главы я писала, непрерывно обсуждая их с И.Б. Он вроде никогда не занимался ни античной, ни средневековой механикой, но достичь его уровня было невозможно. Им можно было только восхищаться. Он был поистине гениален.

После кончины таких гигантов ощущаешь себя буквально в пустыне. И мне кажется, что эта пустыня в силу совокупности обстоятельств и положения науки в нашей стране оживёт нескоро. Невольно на ум приходят слова замечательного поэта Д. Самойлова о наших великих поэтах, но вполне относящиеся к Иосифу Бенедиктовичу:

Вот и всё, смежили очи гении,
И когда померкли небеса,
Словно в опустевшем помещении
Стали слышны наши голоса.

Ищем, ищем слово залежалое,
На душе и мутно, и темно...
Как нас чествуют, и как нас жалуют.
Нет у их – и всё разрешено.

II. НЕКОТОРЫЕ ГЛАВЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКИ

В.П. РУСАКОВ

НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ ШИЛЛЕР: жизнь и научно-педагогическая деятельность

КРАТКИЙ БИОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Николай Николаевич Шиллер родился в Москве 1/13 марта 1848 г. в семье коллежского асессора. О его детских годах сохранилось мало сведений. Известно, что начальное образование он получил дома, а девяти лет был принят во второй класс 11-й Московской гимназии, которую окончил на семнадцатом году жизни (1864). В том же году он поступил на математическое отделение Московского университета. В студенческой жизни Шиллер участвовал мало и всё своё время отдавал учебным занятиям. Университет он окончил через четыре года (1868) со степенью кандидата и был оставлен там же для подготовки к профессорскому званию. В 1870 г. Шиллер был зачислен на должность сверхштатного лаборанта физического кабинета университета, где помогал А.Г. Столетову в организации и руководстве физическим практикумом. Должность лаборанта в то время соответствовала нашей должности ассистента.

В конце 1871 г. на средства Министерства народного просвещения Шиллер был командирован за границу на два года. Начатая там работа затянулась, и по ходатайству Столетова в 1873 г. командировка была продлена ещё на год. Все эти три года Шиллер работал в Берлинском университете, где посещал лекции и работал в физической лаборатории Г. Гельмгольца. Благодаря как теоретическим, так и экспериментальным его исследованиям имя Гельмгольца уже тогда было известно учёным всего мира. Однако по современным масштабам лаборатория эта имела довольно жалкий вид, хотя на ней и красовалась гордая надпись: «Физический институт», — тёмное, бедно обставленное и плохо оборудованное помещение в 4–5 комнат. В каждой комнате, освещавшейся тусклым светом, падавшим через единственное окно, работало



по 3—4 человека, постоянно мешавших друг другу. Приборов, часто самых необходимых, было мало. Для своих опытов Шиллеру пришлось самому сконструировать гальванометр из весьма примитивных деталей, находившихся под рукой: два магнита, две катушки железной изолированной проволоки, стеклянная трубка, нить кокона, сигарный ящик, оклеенный бумагой, — вот и гальванометр. Недостатки оборудования и теснота покрывались интересом к делу, настойчивостью, энергией молодости и упорством.

По возвращении из командировки в 1875 г. Шиллер защитил в Московском университете магистерскую диссертацию на тему «Опытное исследование электрических колебаний» и в том же году был приглашён в Киевский университет для чтения курса теоретической физики сначала в качестве приват-доцента, а через год стал доцентом.

В 1876 г. он защитил уже докторскую диссертацию «Электромагнитные свойства концов разомкнутых токов и диэлектриков» (в Московском университете) и вскоре был утверждён экстраординарным профессором¹. Только через восемь лет, в 1884 г., в Киевском университете была создана ординатура по теоретической физике, и Шиллер стал первым профессором новой кафедры. До тех пор экспериментальная и теоретическая физика обслуживались одной кафедрой и возглавляющим её профессором. Чтение вводной части теоретической (математической) физики

¹ Заметим, что основные положения и магистерской, и докторской диссертаций Н.Н. намetil ещё до своей поездки в научную командировку: на 2-м Съезде русских естествоиспытателей в Москве (29.09.1869) в докладе «Об индуктивном токе в разомкнутых проводниках» он изложил как теоретические, так и экспериментальные основания своих последующих диссертационных исследований [1*]. Труды Н.Н. Шиллера (в тексте их номера отмечены звёздочкой) даны отдельным списком.

начиналось со второго курса. Для студентов третьего и четвёртого годов обучения читались попеременно теория потенциала, теория упругости, теория света, электростатика, электродинамика и механическая теория теплоты (5 часов в неделю). И вся эта разнообразная и трудная работа выполнялась одним лицом. Кроме того, в течение восемнадцати лет (1885–1903) Шиллер читал курс экспериментальной физики для медиков, а некоторое время (с 1890 г.) – часть её и на физико-математическом факультете. Помимо университета Шиллер преподавал физику в Киевской военной гимназии (1876–1881) и на Высших женских курсах. Профессору в то время казалось странным, что курсистки внимательно относятся к такому, казалось бы, не женскому предмету, как физика, старательно записывают лекции и уделяют большое внимание их проработке [1].

За год до своего выхода в отставку (1890) М.П. Авенариус передал заведование физическим кабинетом и лабораторией Шиллеру, который исполнял эти добавившиеся ему обязанности до конца пребывания в университете (1903).

В августе 1903 г. Шиллер получил назначение на должность директора Харьковского технологического института, а через два года, в 1905 г., был утверждён членом Совета Министерства народного просвещения.

Умер Н.Н. Шиллер 10/22 ноября 1910 г. от порока сердца, отдав научно-педагогической деятельности более 40 лет.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

Первые научные статьи Шиллера касаются исследования электрических колебательных контуров, в развитии теории которых принимали активное участие многие выдающиеся физики XIX века [2–5].

Сначала в докладе (1869) [1*], потом в работе «Токи, индуцированные в незамкнутых цепях» (1872) [2*], а позднее (1874) более подробно в своей магистерской диссертации «Опытное исследование электрических колебаний» [3*] он ставит задачей проверить формулу, связывающую период колебаний с самоиндукцией и ёмкостью (формулу Томсона) и рассмотреть некоторые явления, обусловленные электрическими колебаниями. Экспериментальная часть работы была начата в физической лаборатории Гельмгольца в Берлине.

Схема установки сводилась к следующему (см. рис. 1). В цепь источника тока (элемент Даниеля) включалась первичная обмот-

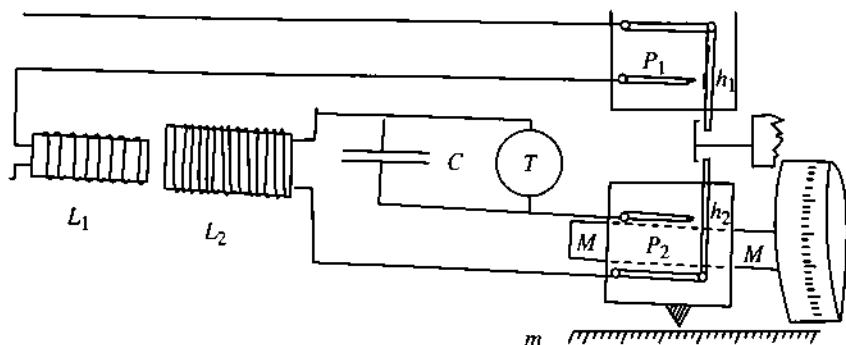


Рис. 1

ка индукционной катушки L_1 и одна часть P_1 маятника (прерывателя) Гельмгольца. Во вторичной обмотке катушки L_2 , соединённой с другой частью P_2 того же маятника, возбуждались электрические колебания. Эта часть прерывателя укреплялась на салазках и при помощи винта M на микрометре могла смещаться относительно части P_1 , закреплённой неподвижно. Пластины P_1 и P_2 были сделаны из каучука; к каждой из них приделывались рычаги h_1 и h_2 , соответственно. Когда маятник P , освобождённый электромагнитным спуском, падал и ударял по рычагам h_1 и h_2 , происходило размыкание тока в первичной цепи и одновременно или с некоторым опозданием – в зависимости от относительного положения P_1 и P_2 – во вторичной цепи. Кроме обмотки L_2 , вторичная цепь состояла из конденсатора C и включённого параллельно с ним электрометра Томсона T , корпус которого заземлялся. При полном совпадении рычагов h_1 и h_2 ток в первой и второй цепи прерывался одновременно. При смещении пластины P_2 с помощью винта микрометра смещался и связанный с нею рычаг h_2 – таким образом создавалось расхождение в моментах разрыва. В промежутках между разрывами первичной и вторичной цепей в последней возникали электромагнитные колебания в результате возбуждения индукционного тока. Положение пластины P_2 , соответствующее одновременному срабатыванию, определялось предварительно. Число делений винта M между двумя последовательными положениями P_2 , когда электрометр не обнаруживал заряда на конденсаторе, давало период колебаний в долях хода винта. Чтобы найти цену деления в секундах τ , пользуясь методом баллистического гальванометра, определялось время θ , в течение которого падающий маятник проходил расстояние между положениями h_1 и h_2 , отстоящими на произвольное число делений шкалы m .

В опытах Шиллера оказалось, что $\theta = 0,0084800$ с, если рычаги смещались друг относительно друга на 6765 делений головки винта. Отсюда $\tau = 1,2636 \cdot 10^{-6}$ с. В своих опытах он пользовался индукционным аппаратом Дюбуа–Реймона, вторичная катушка которого включалась в колебательный контур, а первичная служила для возбуждения и поддержания колебаний. Конденсаторы изготавливались из пробирок различных размеров, которые наполнялись ртутью и вставлялись одна в другую. Изменяя ёмкость контура при одной и той же индуктивности, а потом, меняя катушки и оставляя неизменной ёмкость, автор пришёл к выводу, что, во-первых, времена колебаний пропорциональны корню квадратному из электростатической ёмкости и, во-вторых, корню квадратному из электромагнитных ёмкостей [индуктивностей. – Ред.] [3*]. Или, переводя на современный язык и объединяя два закона вместе, получим простейшую формулировку известного закона: *собственный период колебаний электрического контура прямо пропорционален корню квадратному из ёмкости и индуктивности.*

Шиллер также подтвердил, что наибольшая электродвижущая сила индукции E , возникающая в катушке, должна удовлетворять тому условию, что произведение её на период колебаний является величиной постоянной: $E_{\max} T = \text{const}$ – что непосредственно следует из основного закона индукции. Автор исследовал и затухание колебаний, происходившее вследствие несовершенства изоляции конденсатора и обмоток катушек.

В той же работе Шиллер впервые дал метод определения диэлектрических постоянных при помощи электрических колебаний и указал на зависимость диэлектрической проницаемости от периода колебаний. Для опыта брался плоский конденсатор, между обкладками которого помещались пластины из различных изолирующих материалов. Конденсатор включался в цепь описанным ранее способом. Период колебаний определялся в следующих случаях: 1) T_0 – конденсатор в цепи отсутствовал и ёмкость последней обуславливалась ёмкостью катушек; 2) T – конденсатор с диэлектриком ϵ между обкладками включён в цепь; 3) T' – диэлектрик заменён воздушной прослойкой. Подсчёт диэлектрической проницаемости производился по формуле

$$\epsilon = (T^2 - T_0^2) / (T'^2 - T_0^2),$$

что соответствовало отношению ёмкостей конденсаторов с данным изолятором и с изолятором воздушным.

В первой серии наблюдений период колебаний изменялся в пределах $6,52 \cdot 10^{-5}$ – $12,81 \cdot 10^{-5}$ с. Во второй серии

Таблица 1

Материал	$T \cdot 10^{-5}$ с	ϵ	$T \cdot 10^{-2}$ с	ϵ
Эбонит	6,52	2,21	2,0–2,5	2,75
Каучук	6,30	2,12	÷	2,34
Парафин	5,68	1,68	÷	1,92
÷	8,98	1,89	÷	2,47
Каучук вулканизированный	7,06	2,69	÷	2,94
Стекло (полубелое)	7,52	2,96	÷	4,12
Стекло (зеркальное)	8,59	5,78	÷	6,35

$T = 2,0 \cdot 10^{-2} - 2,5 \cdot 10^{-2}$ с. Автор показал, что потенциал, до которого заряжался конденсатор, влияния на численную величину E не имел. В табл. 1 приведены некоторые из полученных Шиллером результатов.

Для некоторых веществ был определён показатель преломления n по методу предельных углов полного внутреннего отражения. Результаты с парафином и каучуком показали удовлетворительное совпадение значений n^2 и ϵ (парафин – 2,34 и 2,17; каучук – 2,25 и 2,34 соответственно), что явилось важным подтверждением электромагнитной теории света.

Помещая между обкладками конденсатора различные изоляторы, Шиллер пытался определить их электропроводность из наблюдений затухания колебаний в контуре. Однако применённый им метод оказался недостаточно чувствительным для решения этой задачи.

Безрезультатной оказалась и попытка автора обнаружить влияние окружающей среды на период колебаний в контуре, чего и следовало ожидать.

В докторской диссертации [6], тесно связанной с вопросами предыдущей работы, доказано, хотя и в отрицательной форме, существование токов смещения в диэлектриках [10*].

Электрические взаимодействия замкнутых токов, по теореме Ампера, могут быть сведены к взаимодействию воображаемых магнитных поверхностей, ограниченных контурами токов: магнитный момент поверхности, отнесённый к единице площади, пропорционален силе тока. Однако опыты показали, что существуют взаимодействия и между незамкнутыми контурами. Когда, например, в контур включён конденсатор, то наблюдаются явления, аналогичные в некотором смысле замкнутым контурам, – такие как наведение колебаний в результате перемещения отдельных частей контура.

Для объяснения взаимодействий между незамкнутыми контурами Гельмгольц предложил теорию, связанную с наличием мгновенных токов, протекающих по проводнику, и с накоплением заряда на поверхности его разомкнутых концов [7–9]. Максвелл более радикально решил вопрос: он подверг сомнению само существование незамкнутых токов. Переменный электрический ток в цепи, содержащей диэлектрик, замыкается через последний благодаря возникновению в нём токов смещения. Ток смещения обладает теми же электромагнитными свойствами, что и ток проводимости. Следовательно, разомкнутый переменный ток в электромагнитном отношении эквивалентен замкнутому току, протекающему частью через проводники, частью – через изолятор. Спор между сторонниками той и другой гипотез возник жаркий. В нём приняли участие Ф.Э. Нейман, Д.Р.Ф. Цёлльнер, Ж. Бертран, К.В.Э. Рикке и ряд других физиков того времени. Решить, какая из двух гипотез – Гельмгольца или Максвелла – должна быть принята, мог только опыт. Несмотря, казалось, на непреодолимые трудности, которые стояли на этом пути, Шиллер приступил к решению задачи.

Первый опыт заключался в том, что на стальное кольцо навивались две обмотки. По одной из них пропускался постоянный ток, а другая замыкалась через гальванометр типа Видемана. Кольцо подвешивалось на шёлковых (коконовых) нитях так, что его плоскость устанавливалась перпендикулярно плоскости магнитного меридиана Земли. По величине отброса гальванометра и размеров кольца определялись необходимые для расчётов постоянные. Концом тока служило загнутое под прямым углом остриё латунной проволоки, другой конец которой присоединялся к одному из полюсов электростатической машины (Гольца). Линия, соединяющая остриё с центром кольца, была перпендикулярна к нити подвеса и проходила через плоскость кольца. Ток i , притекавший к острию, измерялся особым гальванометром. По Гельмгольцу, сила взаимодействия (отталкивания) между концом разомкнутого тока и одним из элементов $d\sigma$ некоторого замкнутого контура тока J равна

$$dF = iJ \frac{d}{d\sigma} \left(\frac{1}{r} \right) d\sigma,$$

где r – расстояние конца тока i от элемента $d\sigma$ проводника тока J (первичная обмотка кольца).

Во всех многочисленных опытах, выполненных Шиллером, не удалось заметить никакого отклонения магнитного кольца под действием конца тока [6. С. 28].

Во втором опыте концами разомкнутого тока служили обкладки плоского конденсатора со стеклянным диэлектриком, помещённого между полюсами большого электромагнита. Обкладки замыкались через гальванометр с демпфирующим магнитом и двумя катушками (гальванометр типа Видемана). В начале опыта несколько раз переключался ток электромагнита, наблюдалось отклонение стрелки гальванометра и определялась величина этого отклонения (дуга размаха). Затем конденсатор приводился во вращение и производилось перезамыкание тока с перерывами в 15 секунд. При условии существования концов тока должно было наблюдаться увеличение или уменьшение отклонения стрелки гальванометра в зависимости от направления вращения конденсатора. Однако ожидаемых отклонений не было. Позже, заметив, что в опыте концы токов могли действовать в противоположных направлениях и компенсировать друг друга, автор видоизменил установку и заставил конденсатор вращаться лишь перед одним полюсом электромагнита. Однако результат и на этот раз оказался отрицательным [12*]. Отсюда Шиллер делает вывод, что в электрическом отношении нет концов тока, а диэлектрики, включённые в цепь переменного тока, действуют, как проводники. Это значит, что токи смещения существуют и правым оказывается Максвелл, с чем впоследствии должен был согласиться и Гельмгольц [10. С. 493].

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Недостаток оборудования, отсутствие необходимых кредитов, литературы и другие неблагоприятные условия работы в провинциальном университете заставляли Шиллера из года в год откладывать углубление и расширение тематики экспериментальных исследований [11]. Внимание его начинают занимать вопросы теории. К этому же побуждали и университетские занятия, так как чтение курса теоретической физики в университете было его основной обязанностью. Круг теоретических вопросов, интересующих Шиллера, был весьма широк: сюда входили проблемы механики, термодинамики, теории электромагнитного поля, их методология.

Фарадей, а затем и Максвелл, как известно, свели пондеромоторные действия поля к натяжениям вдоль линий индукции и перпендикулярным им давлениям. Величина сил, отнесённых к единице площади, равна $\frac{\epsilon E^2}{8\pi}$, где E – напряжённость поля.

Принимая, что проницаемость ϵ диэлектрика является функцией

координат точек поля и допуская возможность существования объёмных зарядов плотности ρ , выражение для максвелловских сил представится в следующем виде:

$$\mathbf{f}' = \rho \mathbf{E} - \frac{1}{8\pi} \mathbf{E}^2 \text{grad } \epsilon,$$

где \mathbf{f}' – плотность объёмных сил. Если положить, что ϵ зависит также от возникающих в среде деформаций, вызываемых действием поля, то придём к силам, теорией которых занимались Кортвег, Гельмгольц, Кирхгоф и др. [12–16]. В современной символике эти последние силы выглядят как

$$\mathbf{f}' = \frac{1}{8\pi} \text{grad} \left(E^2 \frac{\partial \epsilon}{\partial \tau} \right),$$

где τ – плотность среды, а общее выражение плотности пондеромоторных сил принимает вид

$$\mathbf{f} = \rho \mathbf{E} - \frac{1}{8\pi} \mathbf{E}^2 \text{grad } \epsilon + \frac{1}{8\pi} \text{grad} \left(E^2 \frac{\partial \epsilon}{\partial \tau} \right).$$

При отсутствии объёмных зарядов первый член правой части уравнения пропадает. Упругие деформации, испытываемые диэлектриком в электрическом поле, называют электрострикцией, а связанные с ними добавочные силы – электрострикционными.

В 1894 г. Шиллер в статье «О вариации выражения электростатической энергии и силах электрострикции», исходя из общего уравнения для энергии и варьируя его, в том числе граничные условия, получил следующее выражение:

$$\begin{aligned} \delta W = & \sum \iiint \frac{\delta \epsilon}{8\pi} E^2 dV + \sum \iiint \frac{\epsilon}{8\pi} 2E \delta E dV - \\ & - \iint \frac{\epsilon}{8\pi} E^2 [\cos(nx) \delta x + \cos(ny) \delta y + \cos(nz) \delta z] dS. \end{aligned}$$

Преобразовывая и решая полученное уравнение при выполнении условия непрерывности, Шиллер даёт простой и изящный вывод сил электрострикции. Для внутренних и поверхностных точек среды составляющие этих сил имеют вид

$$X = -1/2 \frac{\partial(\partial E^2)}{\partial x} \quad \text{и} \quad X' = 1/2 \nu E^2 \cos(nx),$$

где $\nu = -\frac{1}{4\pi} \left(\frac{\partial \epsilon}{\partial \tau} \right)$. То же и по другим осям.

Из русских авторов того периода теорией электрострикции в газах занимался Ф.Я. Капустин [17–19]. Она же как часть вошла в магистерскую диссертацию Б.Б. Голицына [20], в критике которой помимо официальных оппонентов [21], живое участие принял и Шиллер.

* * *

Работой «О влиянии внешнего давления, приложенного к поверхности раздела жидкости и пара, на упругость этого последнего» [42*] Шиллер открывает цикл статей, рассматривающих условия равновесия сил, действующих на тела, способные изменять своё агрегатное состояние и температуру. Пусть s и σ – удельные объём пара и жидкости, соответственно, заключённых между двумя подвижными поршнями. Условия равновесия системы при постоянной температуре определяются на основе принципа возможных перемещений:

$$s\delta x_1 + \sigma\delta x_2 + (s - \sigma)\delta x = 0,$$

где δx , δx_1 , δx_2 – перемещения поверхности раздела жидкости и пара и двух поршней, параллельных этой поверхности. Шиллер считал, что если к поверхности раздела системы пар–жидкость приложить новое давление q и считать его положительным в сторону жидкости, то при условии, что суммарное количество пара и жидкости остаётся неизменным, для восстановления нарушенного равновесия к поршням, соприкасающимся с паром и жидкостью, необходимо приложить дополнительно давления $q \frac{\sigma}{s - \sigma}$

и $q \frac{s}{s - \sigma}$ соответственно. При постоянной температуре упругость пара может измениться только благодаря изменению его плотности. Отсюда автор заключает, что при неизменном объёме пара для положительного q должен наблюдаться переход некоторого количества жидкости в пар. При отрицательном q имеет место обратный переход. Для восстановления нарушенного равновесия к поршням, соприкасающимся с поверхностями пара и жидкости, должны быть приложены давления

$$p_n = p_0 + q \frac{\sigma}{s - \sigma} \quad \text{и} \quad p_k = p_0 + q \frac{2}{s - \sigma}$$

соответственно, где p_0 – начальное давление пара.

Через год (1895) Шиллер печатает статью, где дано решение того же вопроса в более общем виде: рассмотрены условия рав-

новесия системы жидкость–пар в отсутствии уравновешенных начальных сил и в предположении наличия объёмных сил [43*]. Пользуясь принципом наименьших перемещений, Шиллер получил уравнения, связывающие объёмные и поверхностные силы с добавочным давлением q и с удельными объёмами пара и жидкости.

Несколько позже (1897) зависимость между начальными и конечными условиями ($s_0, \sigma_0, p_0; s, \sigma, p$) и добавочным давлением (q) Шиллер выразил формулой более сложного вида

$$\frac{p_0 s_0}{\sigma_0} \ln \frac{p}{p_0} - \frac{1}{2k} (p - p_0 + q)^2 = 0,$$

где k – модуль упругого сжатия жидкости. При температуре, близкой к критической, q оказывает заметное и возрастающее влияние. Не ограничиваясь теорией вопроса, он экспериментально доказал, что парциальное давление газа, примешанного к парам, ускоряет процесс испарения жидкости, увеличивает упругость насыщенных паров и понижает критическую температуру вещества (эфир, хлороформ) [48*].

В научной дискуссии, возникшей по поводу отрицательного отзыва А.Г. Столетова и А.П. Соколова [20] на магистерскую диссертацию Б.Б. Голицына, Шиллер решительно стал на сторону оппонентов [33*, 34*, 41*]. Особенно суровой оценке Шиллер подверг статьи П.А. Некрасова, профессора математики и в тот период (1893) ректора Московского университета [22]. В основной из работ этой серии Шиллер подробно останавливается на силах, действующих на диэлектрик, помещённый в электрическое поле, и на явления электрострикции [34*], развивая идеи, изложенные в работе «О вариации электростатической энергии и силах электрострикции».

В критических замечаниях коренным заблуждением Голицына Шиллер считал утверждение, что состояние диэлектрического газа при постоянной температуре определяется кроме объёма и упругости также и силою электрического поля [34*]. В связи с этим он показал, что лишь при условии наличия двух фаз – жидкости и пара – давление на поверхность их раздела, какого бы происхождения оно ни было, следовательно, и электрического, может обусловить изменение упругости пара. Автор повторяет здесь в основном те же доказательства, которые были рассмотрены нами выше [42*].

Пусть нижний поршень цилиндра, содержащего равновесную систему насыщенный пар–жидкость, является одной из обкладок плоского конденсатора, соединённой с землёй, а верхний –

второй обкладкой, которой сообщён заряд $+Q$. По индукции на нижней обкладке возникает заряд $-Q$. Если ϵ' и ϵ'' – диэлектрические постоянные для жидкости и пара соответственно, то, как следует из теории поля, притяжение верхней обкладки к нижней будет равняться

$$p'' = \frac{aQ^2}{\epsilon''},$$

где $a = \frac{2\pi}{S^2}$. Дополнительное давление на поверхность раздела жидкости и пара, если последняя параллельна обкладкам конденсатора, равно

$$q = aQ^2 \left(\frac{1}{\epsilon''} - \frac{1}{\epsilon'} \right)$$

и направлено от жидкости к пару. Следовательно, заряд конденсатора нарушит существовавшее до того равновесие между паром и жидкостью. Равновесие восстановится только тогда, когда упругость пара, вследствие его конденсации, уменьшится на величину $aQ^2 \left(\frac{1}{\epsilon''} - \frac{1}{\epsilon'} \right) \frac{\sigma}{s - \sigma}$.

Если между обкладками конденсатора находится только насыщенный пар, то упругость его при сообщении одной из обкладок заряда не изменится, так как отсутствует поверхность раздела. Здесь Шиллер прав. Однако он неправ, когда в статье «Последние успехи в области нео-электричества» оспаривает попытку Голицына вычислить электростатическую энергию в части пространства, непрерывно заполненного действующими объёмными массами [43*, 23, 24]. По его мнению, можно говорить лишь об электрической энергии системы, представляющей «собрание проводников, заряженных электричеством с определёнными поверхностными плотностями и окружённых некоторыми диэлектриками». Мы не вдаёмся в детали вывода Голицына, которые можно упростить, применяя теорему Грина, но постановка им задачи законна и, более того, подсчёт энергии объёмно распределённых зарядов вошёл в курс преподавания в университете [25. С. 80].

В статье «Об электрической энергии при зависимости диэлектрического коэффициента от силы поля» [39*] Шиллер, отправляясь от работы Голицына [23], сравнивает электростатическую систему в среде, где ϵ переменна, с механизмом, между частями которого, кроме сил консервативных, действуют также силы трения. Для такого механизма работа, затраченная на переме-

щение частей системы из одного взаимного расположения в другое, зависит не только от начального и конечного их положения, но и от того, каким путём само перемещение происходило, так как при этом имеет место рассеяние энергии.

Заметим, что зависимость ϵ от напряжённости поля возникает лишь при быстро переменных полях и напряжениях, близких к пробое диэлектрика. В настоящее время диэлектрические потери известны достаточно хорошо. Теоретически и экспериментально доказано, что причины их разнообразны [26. С. 319]. Первыми исследователями этого вопроса были русские физики, среди которых видное место занимал И.И. Косоногов, ученик и биограф Шиллера [27].

В историческом ходе развития оптики внимание исследователей было направлено на построение такой теории, которая давала бы возможность объяснить следующие известные из наблюдения факты: 1) прямолинейное распространение лучей света, меняющих при определённых условиях своё направление; 2) периодичность луча (явления интерференции и дифракции); 3) особые свойства луча в направлении, перпендикулярном к его распространению; 4) особые свойства луча для разных направлений его распространения (явления в кристаллических телах). Одной из обративших на себя внимание попыток была гипотеза эфира, развитая У. Томсоном [28]. Томсон исходил из предположения, что простирающаяся до бесконечности и обладающая отрицательной сжимаемостью упругая среда остаётся в состоянии устойчивого равновесия, если её бесконечно удалённые границы не способны перемещаться и если в отдельных частях этой среды, обладающих различными плотностями, коэффициенты упругости остаются всюду одинаковыми. Далее предполагалось, что для подобной среды при бесконечно малой скорости распространения продольных колебаний возможно сосуществование чисто поперечных отражённых и преломлённых колебаний, удовлетворяющих законам Френеля. Опираясь на дифференциальные уравнения колебаний, Шиллер показал несостоятельность гипотезы Томсона, так как доведённая в своих логических выводах до конца она приводит к возможности нарушения законов Френеля, причём эти нарушения совершенно не поддаются контролю [46*].

ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И АКСИОМАТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ

В докладе на XI съезде русских естествоиспытателей 24.03/06.04.1901 г. Шиллер подверг анализу понятие энтропии [77*]. Он показал, что его можно ввести независимо от понятия теплоты и её превращения в работу. В учении о тепле как ни в одном другом разделе многие из основных определений сохранились со времён натурфилософии. Само понятие энтропии введено в науку, как известно, Р. Клаузиусом [29] для обозначения части энергии, неспособной к превращению её в другие формы. С другой стороны, понятия теплоты и температуры, вошедшие в математическую формулу энтропии

$$dS = \frac{dT}{Q},$$

связаны с представлением о молекулярно-хаотическом движении, определяющем тепловые законы. Поэтому оба эти понятия могут быть заменены другими, почерпнутыми из того же молекулярного мира. Однако молекулярно-кинетическая теория и всякого рода гипотезы Шиллера не занимали. Отталкиваясь от законов термодинамики как опытно установленных фактов и пользуясь формально логическими построениями, он пытается установить новые связи, новые закономерности. Для познания вещей и явлений, наблюдаемых в мире, человек группирует их, по мнению Шиллера, руководствуясь исключительно своим разумом. Формы познания – это формы сопоставления многообразий во времени и пространстве, в материи, величине и причинности. Формы познания, которые не могут быть определены или описаны при помощи других форм, автор относит к априорным. Сами познавательные процессы представляют такие же явления области переживаемого, как и всякие другие многообразия, а потому подлежат тем же приёмам обсуждения, как и любые факты. Автор утверждает, что «тот процесс познания, отдельные моменты коего наиболее поддаются систематизации, представляясь нам в целесообразной связи друг с другом, мы называем процессом научного познания» [77*. С. 2]. Утверждения автора ошибочны².

² Здесь и в дальнейшем автор критикует методологические установки Н.Н. Шиллера с позиций диалектического материализма. Несмотря на их несколько архаическую форму, мы сохраняем соответствующие фрагменты, так как они вполне отвечают мировоззрению автора, а вовсе не являются обязательной данью требованиям времени. [Примеч. ред.]

Легко или трудно поддаются систематизации накопленные факты, находятся ли они в целесообразной связи или их связь ещё не раскрыта, хотя и установлена, – не эти моменты определяют научный характер познания. Что одному познающему кажется трудным, то другому лёгким, что сегодня непонятно, то завтра, через год или через несколько лет будет представляться доступным пониманию даже для неискущённого и формально логическим построением ума. К научному процессу познания относится такой, который ближе всего соответствует природе изучаемого явления, который пользуется методом, проверенным опытом в широком смысле, и приводит к результатам, не вступающим в противоречие с практической деятельностью людей.

Математические и механические построения не представляют «априорных форм познания», как утверждает автор [Там же. С. 2], а возникли и развились в результате борьбы человека с природой, в результате труда. Ряд точных наук, по мнению Шиллера, заканчивается механикой, построенной из трёх априорных форм представлений: времени, пространства и материи. Физика, например, как наука ставит перед собой на ближайшее время задачу включиться в механическую систему понимания всех изучаемых явлений. Действительно, такое направление в научном развитии было справедливо до конца XIX в. Однако к концу этой эпохи всё чаще стали наблюдаться факты, которые приносили разочарование механицистам. Для объяснения их возникали и новые теории: теория электромагнитного поля, электронная теория, теория квантов. Шиллер не сделал из этих фактов правильного вывода о несостоятельности претензий механики объединить в её границах все отрасли физического знания. Он не сомневался в пригодности механических схем для этой цели и рассматривал незаконченность физических построений как временное, преходящее затруднение. В осторожной форме Шиллер оспаривал попытки энергетистов оставить механическую почву и создать свою собственную схему познания. Для создания удовлетворительной теории он предлагал на первых порах ограничиться количественной стороной физических явлений и отказаться от построения качественно простых и наглядных механических образов. Примерами могут служить классификация тонов и законы отражения и преломления света, формулировка которых не зависит от каких-либо механических схем, в построение которых входило бы понятие материи. «Механическая схема [по утверждению Шиллера] возникает уже после того, как подобные законы установлены, но никак прежде» [Там же. С. 4]. История физики, однако, показывает, что подобное утверждение несостоятельно. Достаточно напомнить, что картина кинетической теории газов

была создана древними атомистами задолго до установления каких-либо количественных соотношений. Много позже Фарадей заложил основание теории электромагнитного поля, прежде чем Максвелл перевёл её на математический язык.

Переходя к анализу основных понятий термодинамики, Шиллер сначала определяет понятие «температуры». Он исходит из того, что «температуру можно определить как такое состояние тела, которое соответствует тому или другому из наших ощущений, характеризующих суждениями: холодно, тепло, теплее, горячо и т.п.» [там же. С. 4]. Подобное субъективное определение температуры можно иногда встретить в некоторых учебниках и в наше время [30. С. 198], но это лишь дань далёкому прошлому. Шиллер, однако, не удовлетворён сведениями, получаемыми человеком через посредство тепловых ощущений, и обращается к термометру, основанному на иных принципах. В математической части рассуждений он исходит из положения, что вывод будет более строгим, если отправляться от общих и менее доступных непосредственному контролю понятий и идти к менее общим и более доступным. Иначе говоря, чем более строго выдержан метод дедукции, тем точнее вывод. Понятие энтропии, как известно, наиболее трудно для истолкования, тогда как понятие количества тепла интерпретируется сравнительно легко. Между тем Шиллер считает возможным и даже более правильным подходить к определению тепла через энтропию. «Количество тепла, – пишет он, – может быть определено как то количество энергии, которое обуславливает изменение энтропии данного тела». И далее там же он продолжает: «За единицу количества тепла может быть принято приращение энергии определённого тела при определённом изменении энтропии» [77*. С. 47]. Переход от выражения

$$dU - dA = TdS,$$

где dU – приращение внутренней энергии, dA – элементарная работа внешних сил, T – абсолютная температура, dS – приращение энтропии, к теплоте нам кажется искусственным и менее обоснованным и с логической, и с исторической точек зрения. Это всё равно, что отправляться от дифференциального исчисления при обосновании понятия единицы, что вполне возможно, но кроме математических упражнений к теории познания ничего не добавляет. Несколько дальше Шиллер даёт следующее определение: «За единицу тепла принимают то количество энергии, которое изменяет энтропию одного килограмма воды, когда температура этого последнего, при постоянстве всех прочих его термических параметров, изменяется на один градус (абс. шкалы) вверх от

температуры таяния льда под давлением мегатонны на квадратный сантиметр. Такая единица тепла есть большая калория» [Там же. С. 47]. Во-первых, он отождествляет здесь теплоту и энергию, что необходимо предварительно ещё доказать; во-вторых, требуется также предварительно ввести меру энтропии, не прибегая к понятию тепла, что много труднее с физической, логической и методологической точек зрения, так как понятие энтропии прочно вошло в науку как приведённая теплота:

$$dS = \frac{dQ}{T}. \text{ Шиллер предлагает перестроить теорию так, чтобы}$$

сугубо абстрактное понятие энтропии положить в основание учения о теплоте.

Справедливость уравнения $dS = \frac{dU + A p dv}{T}$ не вызывает сомнения. Однако нас интересуют не только формальные математические соотношения, но и раскрытие природы явления, а именно, что температура тела пропорциональна квадрату скорости молекул. Эта же сторона вопроса им совершенно не затрагивается. Важным здесь является принципиальное решение проблемы о возможности установления термодинамической шкалы температуры независимо от выбора термометрических тел.

В критико-гносеологическом очерке «Происхождение и развитие понятий о «температуре» и «тепле»» [65*] Шиллер помимо специальных физических проблем рассматривает важные теоретико-познавательные вопросы, начиная от ощущений и кончая построением научных теорий. Однако если в области своей специальности он является крупным учёным, получившим ряд важных экспериментальных и теоретических физических результатов, то его философские взгляды были весьма спорны, он находился в плену идеалистических представлений.

По мнению Шиллера, ощущение является отправным пунктом теории познания. Поэтому, руководствуясь классификацией, принятой психологами, он подразделял ощущения на одновременные, или совместные, и разновременные, или последовательные.

Следующий шаг – составление суждений. «Законы перехода от суждений к знанию, – говорит Шиллер, – к систематическим построениям, основанным на априорных понятиях, составляют предмет теории познания» [Там же. С. 2]. Такие выражения, как холодно, тепло, жарко, горячо и т.д., свидетельствующие о различной степени наших тепловых ощущений, представляют простые грамматические формы, которые могут быть заменены другими формами, характеризующими бóльшую или меньшую интенсивность тепловых ощущений. Законченные суждения и

выведенные из них заключения только тогда можно отнести к научным, когда их схема выработана на основании различных априорных неопределимых понятий, каким является априорное понятие о величине, устанавливаемое математикой. Наличие ясно различаемых априорных понятий у человека пока весьма ограничена и заканчивается понятием материи, априорность которой по Шиллеру «далеко не является общепризнанной» [Там же. С. 3].

Если исходить из свойств нашего мышления, то рядом с тепловыми ощущениями при составлении суждений нами могут упоминаться или припоминаться и другие, нетепловые. Наше суждение о каком-либо предмете представляется неполным, не удовлетворяет нас, пока мы не составили с ним суждения ещё об одном или нескольких предметах. Группа разнородных суждений, из которых каждое служит пополнением к другому вплоть до исчерпания всех наших ощущений и представлений, приводит к познанию существующего. Критерий точности и ясности группировок дают нам умозрительные науки, вырабатывающие схематическое сопоставление на основании «произвольных определений и неопределимых априорных понятий».

Наиболее ясными и понятными считаются выводы, относящиеся к физической стороне наблюдаемых явлений. По мнению автора, это их качество обусловлено тем, что умозрительными науками для таких выводов выработана готовая схема. Всё, что не подходит под эту схему, мы считаем нефизическим и потому трудно объяснимым. Примером может служить наше суждение, основанное на сопоставлении тепловых ощущений, им сопутствующих, что приводит к понятию о температуре и о тепле. При другом сопоставлении суждение о тех же самых тепловых ощущениях выразилось бы совершенно иным понятием. Если первый способ сопоставления мы будем рассматривать с точки зрения причинной связи между группами ощущений и подразумеваемыми явлениями, то при другом способе сопоставления мы нашли бы для тех же самых явлений другую причину. Задача сводится не к тому, чтобы разыскать, какими явлениями объясняются тепловые ощущения, — пишет Шиллер, — а к тому, чтобы только описать, из каких ощущений и суждений составляются у нас налицо существующие понятия о температуре и тепле» [Там же. С. 5]. Мы видим, что во всех этих рассуждениях много идеализма в махистско-кантианском направлении. «Ощущение не есть нечто первичное, — писал Ленин, — а есть одно из свойств материи» [31. С. 32]. Ощущение является только одним из свойств организованной материи, посредством которого устанавливается связь человека с внешним миром, происходит «превращение энергии

внешнего раздражения в факт сознания» [Там же. С. 38]. Признание того, что «вне нас и независимо от нас существуют предметы, вещи, тела, что наши ощущения суть образы внешнего мира» [Там же. С. 86], лежит в основе познания научной, т.е. диалектико-материалистической философии.

Вместо комплекса ощущений Э. Маха Шиллер предпочитает употреблять слово «группа» ощущений и познание существующего сводит к сумме подобных групп. Сама же группировка суждений зависит в широких пределах от нашего произвола, а поэтому одинаковые ощущения могут повести к совершенно отличным друг от друга выводам. Таким образом, объяснение всего существующего, всего многообразия явлений, совершающихся вокруг и внутри нас, по Шиллеру, зависит от нашего миропонимания, нашего настроения. Единственный критерий точности наших группировок, т.е. в конце концов нашего понимания внешнего мира, дают нам произвольно созданные схемы из произвольных определений и неопределимых, произвольных понятий. То положение, что критерием справедливости всякой теории служит практическая деятельность человека [30. С. 364], Шиллер обходит.

К априорным понятиям, на которых Шиллер строит всякое знание, он относит и понятие о величине, которая составляет предмет исследования математика [65*. С. 2–3]. Здесь мы имеем дело не только с преувеличенным, но просто с неверным утверждением. «Свойство нашего мышления, – пишет Шиллер, – (в этом и состоит априорность) подсказывает нам, что прежде всяких иных способов отличия вещей, мы их распознаём постольку, поскольку они суть величины. Если мы не имеем средств или не в силах различить две вещи так, как мы различаем то, что названо величиною, то всякое наше распознавание будет неполно, неточно и не будет считаться научным. Наука, дающая нам схемы для распознавания величин, есть математика» [Там же. С. 7]. О происхождении математических понятий и об их роли в процессах познания материалист придерживается иного мнения. «Как понятие числа, так и понятие фигуры, – писал Энгельс, – заимствованы исключительно из внешнего мира, а не возникли в голове из чистого мышления» [33. С. 36].

Определение основных понятий в учении о теплоте Шиллер предлагает начинать с температуры. «Под температурой тела, – пишет он, – подразумевается то его состояние, которое соответствует нашему тепловому ощущению определённой, т.е. отличимой от других, интенсивности» [65*. С. 5]. И неопределённо, и неверно. Всякая температура выше (или ниже) $\pm 100^\circ$ соответствует единственному ощущению – жгучей боли. При более высоких

или низких температурах человеческий организм не в состоянии различить степени нагретости тела, а разрушается и умирает. Также известно, что тепловые ощущения человека чрезвычайно субъективны и ни в каком случае не могут быть приняты за эталон сравнения с ними теплового состояния других тел. Шиллер в своих работах, связанных с вопросами термометрии, методом измерения температуры тела по ощущению, производимому на организм человека, конечно, не пользовался. Он обошёл это противоречие утверждением того, что отсутствие у нас «наличного уменья» измерять температуру непосредственным сравнением ведёт к отрицанию возможности рассматривать её как величину [Там же. С. 10]. Дело заключается, конечно, не в нашем «умении», а в ограниченной способности человека служить непосредственно мерой степени нагретости тела. Правда, несколько ранее он даёт свободное от возражений определение измерительному аппарату: «Такое тело, по температуре коего мы судим о температуре других тел, приведённых с ним в термическое общение, называется термометром» [Там же. С. 6]. В самом деле, под температурой данного тела мы разумеем величину отклонения его теплового состояния от начального теплового состояния другого тела, которое считаем постоянным. И в теории, и на практике количеством тепла, перешедшего к телу, принятому в качестве термометра, или пренебрегают или в отсчёт вносятся поправка.

В нашем анализе интерес представляют исходные позиции Шиллера и фундаментальные понятия, полагаемые им в основание своих суждений. Одним из последних является понятие величины. «Величина есть один из тех признаков вещей, которому мы ищем различие между этими последними» [Там же. С. 8]. Причинные связи явлений, в частности тепловых, Шиллер заменяет функциональной их зависимостью, понимая под этим простые математические отношения – сложные или простые – без физически обоснованной связи между ними. «Отнюдь не следует, – пишет он, – что функциональная зависимость должна указывать на какие-либо присущие связи между величинами или что одни величины могут быть связаны между собою функциональной зависимостью, а другие нет» [Там же. С. 10]. Шиллер считает, что если даны два ряда количественных значений двух различных величин, то всегда можно подыскать такую функциональную зависимость между обеими величинами, с помощью которых по каждому количеству первого ряда воспроизводится соответствующее количество второго ряда. С подобным утверждением нельзя согласиться. Хорошо известно, что в метеорологии и геофизике давно ведутся систематические наблюдения над

рядом физических процессов, происходящих в атмосфере или в земной коре. В отдельных случаях накоплены огромные ряды количественных значений, однако установить между ними такую зависимость, когда по определённому значению величин одного ряда можно было бы сказать, какие им будут соответствовать величины второго ряда, – до сих пор наука не может. Даже в том случае, где физическая связь между двумя рядами явлений очевидна, однозначное выражение зависимости часто отсутствует: например, температура и давление, влажность и сила ветра, не говоря уже об установлении функциональной зависимости между более далёкими рядами, каковыми могут служить вариации напряжённости земного магнитного поля и состояние атмосферы. Тем более это относится к рядам величин, взятых из различных областей науки. Шиллер далее утверждает, что задача науки сводится не к отысканию внутренней связи между вещами и явлениями и не к исследованию некоторой реально будто существующей и независимой от нас их причинной зависимости друг от друга, а только к более или менее умелому описанию этих вещей в той или другой группировке по заранее выработанным априорным схемам и образцам [Там же. С. 11]. Если следовать за Шиллером, то окажется, что критерием понимания объективной истины, а следовательно, и научного понимания явлений природы, служит такое его описание, которое должно удовлетворять требованиям заранее установленного образца и войти в рамки априорно умозрительной схемы. Он неоднократно подчёркивал, что задача науки – не объяснение, а описание явлений: «Описание будет научно, когда оно выразит всё ощущаемое, чувствуемое и желаемое с помощью тех заранее нашим разумом устанавливаемых априорных понятий, которые представляют собой последовательные этапы требуемого этим же разумом познания единого, всеобъемлющего и всесовершенного сущего. Такое познание и есть совершенствование, ибо предел его есть слияние познающего с познаваемым, которое всесовершенно» [Там же. С. 12]. Это уже открытый фидеизм.

Так как при установлении функциональных соотношений произвол наблюдателя неизбежен, то и найденная им функциональная зависимость, формулируемая в виде некоторого закона, по мнению Шиллера, также произвольна, искать ей объяснения в тайниках природы не имеет смысла. Поэтому «не будет ли для нас понятнее смотреть на этот мёртвый закон, управляющий неведомую природою, как на созданную нашим собственным разумом схему, потребную для обычной классификации ощущений» [Там же. С. 16]. Выходит, что человек творит законы природы, которые, по мнению Шиллера, не отражают причинной связи

между её процессами, а представляют лишь разумную классификацию собственных ощущений самого творца. Отсюда следует также, что «выводы науки о законах природы зависят, прежде всего, от свойств познающего ума». Исчерпывающая оценка подобной философии дана Лениным и хорошо известна: «Кантианско-махистская формула: “человек даёт законы природе” есть формула фидеизма» [31. С. 139].

Шиллер видит недостаток познания в слабом развитии (в смысле разнообразия) научных схем. В действительности разнообразие научных систем, касающихся одного и того же предмета, говорит о слабости, а не о силе науки, в задачу которой входит объективное отражение внешнего мира. Чем полнее отображение, т.е. чем глубже познание, тем ближе по смыслу и форме законы природы, установленные в разные эпохи и разными лицами в отношении определённых явлений, тем меньше схем. Достаточно указать на закон сохранения вещества в формулировке Ломоносова и последующих учёных [34–36], законы фототока, изученные Столетовым и подтверждённые позднейшими исследователями [37, 38]. Вектор Умова имеет тот же смысл, что и вектор Пойнтинга, хотя открыты они были в разное время и в различных условиях [39]. Правильность представления о вещах и явлениях проверяется практикой, опытом, а не априорными суждениями и умозрительными построениями. В связи с этим ошибочным является учение Шиллера о субъективном происхождении основных математических схем, в частности, математического анализа. Они были бы верны, если бы в математике разум имел дело исключительно с продуктами собственного творчества и воображения. Но «как и все другие науки, – писал Энгельс, – математика возникла из *практических* нужд людей: из измерения площадей земельных участков и вместимости сосудов, из счисления времени и из механики» [33. С. 37]. То же можно и должно сказать о любом из разделов математики. Для Шиллера подобная концепция нуждается в пересмотре. Он утверждает, что как отдельные отрасли человеческого знания, так и вся совокупность их, обуславливающая разнообразные философские взгляды и целые школы, – результат субъективного вкуса. В действительности же истинное научное и философское мировоззрение может быть одно: диалектико-материалистическое, независимое от «предрасположения или настроения философствующего ума», что защищал Шиллер [65*. С. 17].

Казалось бы, нет оснований распространять ошибочные выводы Шиллера, сделанные им при анализе понятий теплоты и температуры, на другие физические явления. Однако он сам открыто признаёт, что для окончательного объяснения физиче-

ских явлений мы имеем одну общую ранее установленную схему, построенную механикой. «Изменим нашу точку зрения, переделаем схему, построим механику на иных определениях, и законы будут другие; другой характер примут наши так называемые научные предсказания» [Там же. С. 19–20]. Утверждение неверное. Физические явления протекают вне умозраительно построенной схемы и её творца – человека. Как бы ни был изошрён ум в построении подобных схем, но если автор не опирается на наблюдение, опыт, практическую деятельность, любая схема, построенная им, при проверке её практикой, распадается. Достаточно напомнить натурфилософские схемы древних.

Шиллер как субъективный идеалист пытается отстоять подобную точку зрения. Он утверждает, что первый закон термодинамики мы также должны рассматривать как наперёд поставленную схему, сообразно с которой условно классифицируются и сопоставляются результаты непосредственных наблюдений. «Первый закон термодинамики, – пишет он, – построен собственно не на опытных измерениях соотношения между эквивалентными количествами тепла и работы, а на априорном определении работы, высказывающем возможность существования упомянутой эквиваленции в наблюдаемых явлениях» [65*. С. 43]. Здесь явное противоречие исходным положениям цитированной выше работы и искажение исторических фактов. Ещё Ломоносов в работе «Рассуждение о причине теплоты и холода» (1746) [34] на основании личных наблюдений и широко известных опытных фактов пришёл к заключению, что теплота представляет движение молекул и возникает в результате трения. Более поздние наблюдения и опыты подтвердили основную мысль и дали возможность установить количественные соотношения между теплотой и работой [40–43]. В дальнейшем получила развитие кинетическая теория теплоты [3, 44].

Для полноты характеристики теоретико-философских убеждений Шиллера нам хотелось бы остановиться на его работе «Значение понятий о “силе” и о “массе” в теории познания и в механике» [50*]. В ней автор исходит из утверждения, что мир представляется не таким, каков он в действительности. Для существа, наделённого другими органами чувств и складом мышления, то, что нам представляется, например, в виде цвета, скажется совершенно в иных формах. Материалист, как известно, относится к познанию тех образов и картин, которые отображаются в его сознании, иначе. «Вечное истинное познание природы, – пишет Энгельс, – есть познание вечного и бесконечного и потому оно, по существу, абсолютно» [45. С. 188]. Объективное существование пространства и времени Шиллер отрицает. Для него это

только формы, «в коих мы умеем себе представлять существующее и кои вполне обусловлены свойствами наших мыслительных способностей» [50*. С. 3], формы представлений среди возможного бесчисленного множества других форм, в которых способна быть познаваема та же Вселенная для более усовершенствованного разумного существа. По мнению Шиллера, многомерное пространство – это не абстракция, а более высокий ранг пространства трёхмерного, и разумное существо, которое им пользуется, представляет существо также более высокого ранга. Шиллер утверждает, что «доразвиться до любой степени умственного совершенства не лежит вне пределов возможности и для человека». Так что (если мы правильно поняли автора) каждый может питать надежды, что он «доразовьётся» до того, что в состоянии будет мыслить образами многомерного мира. Физик в своей практической деятельности действительно пользуется многими абстракциями, в том числе и такими, как n -мерное пространство, фазовое пространство, пространство импульсов, скоростей и т.д. и не вступает в противоречие с практикой. Равно также мы говорим о прямоугольных, косоугольных, криволинейных и других системах координат. Значит ли это, что пространство, в котором мы живём, это пространство или плоское, или криволинейное, смотря по тому, какую координатную систему мы выбрали? Человеческая практика показывает, что на поставленный вопрос может быть дан ответ только отрицательный.

Далее Шиллер заявляет, что «если мы на время отвлекаемся от мыслящего человека, то внешний мир всё-таки останется, но не останется ни времени, ни пространства» [Там же. С. 3]. Этот – мир вне времени и пространства – автор пытается иллюстрировать образами плоского мифического существа, которые последний может составить о трёхмерном мире. Подобные примеры представляют разновидность идеалистического учения Платона о пещере и тенях. Материалист утверждает, что «изменчивость человеческих представлений о пространстве и времени так же мало опровергает объективную реальность того и другого, как изменчивость научных знаний о строении и формах движения материи не опровергает объективной реальности внешнего мира» [31. С. 152].

Той же участи, что пространство и время, подверглась, в конце концов, и материя. Она – материя – «нигде в книге природы не записана, – пишет Шиллер, – а, хотя и произвольно, создана нами же как одна из возможных для нас форм мышления, для того, чтобы приноровиться к тому непостигнутому, что действительно обозначено на страницах упомянутой книги природы» [50*. С. 9]. «Материя создана, чтобы приноровиться к природе. Выходит,

что без понятия “материя” наше мышление вступает в противоречие с процессами, происходящими в окружающей нас среде, что чистое мышление без материи не соответствует реальным явлениям действительности. Выходит, что оно в ошибочном, ложном свете рисует природу. Чтобы избежать столкновения с природой, т.е. чтобы приноровиться к ней, мы должны признать, что материя так же реальна. Как и сама природа, иначе говоря, что природа материальна. Такого вывода Шиллер не сделал, так как он противоречил бы его исходным позициям, хотя его и приводит в смущение накопление научных данных в пользу признания «за материей роли субстанции». Отсюда, по мнению Шиллера, вытекает «безотрадное и угнетающее наш ум представление о вселенной как о каком-то механизме, управляемом роковыми и непреложными законами, открывать которые предназначено человеку» [Там же. С. 8]. Для человека, склонного к идеалистическим толкованиям и умствованиям, проще, когда он творит законы природы, а не изучает их.

Шиллер готов признать за механической (что для его эпохи равносильно материалистической) теорией право на существование только в том случае, если она откажется от претензии на исключительность, т.е. от утверждения, что в основе познания сущего лежит учение о материальности мира. Иначе говоря, в одном случае исходить из признания материи, в другом – опираться на некое нематериальное начало. Такую теорию Шиллер согласен принять. Нам известны подобные взгляды. Они характеризуются словом «эkleктика», а не «материализм». Влияние Канта здесь, как и в других местах, несомненно. «Основная черта философии Канта, – писал Ленин, – есть примирение материализма с идеализмом, компромисс между тем и другим, сочетание в одной системе разнородных, противоположных философских направлений» [31. С. 172].

Подобным стремлением к компромиссу насыщена и последняя статья Шиллера. Он воспринял от Канта учение об априорных понятиях и истинах, куда отнёс пространство, время и даже целые области человеческого знания. Математика, по Шиллеру, априорная наука. Сюда же относится и родственная ей механика. Такую классификацию, явно противоречащую истории науки, Шиллер пытается обосновать тем, что исторический процесс возникновения новых идей не всегда соответствует их простейшей логической последовательности. Утверждение правильное, но обосновано неверно. Автор говорит, что закон сохранения энергии полностью вытекает из основных положений механики, а потому его нужно отнести к законам априорным. История науки неоднократно доказала, о чём уже говорилось, что попытки под-

вергнуть сомнению опытное происхождение закона сохранения энергии несостоятельны.

К тому же типу суждений, что и закон сохранения, он относит идеи эволюции в органическом мире. «Утверждение, что закон эволюции *не есть опытный закон*, будет ещё долгое время считаться очевидною и вопиющею ересью», – пишет он [50*. С. 18]. Действительно, идея развития восходит к греческой философии, но прочное обоснование её – продукт научной мысли XIX века.

Переходя к основной теме вопроса – понятию силы, Шиллер указывает, и правильно, что оно возникло у человека двумя путями: статическим и кинетическим. В статике, по его мнению, понятие силы относится к категории априорных представлений. Кинетическое же определение её вытекает из трёх механических законов движения: первый закон говорит, к какому классу понятий принадлежит представление о силе; второй характеризует силу как направленную величину; наконец, третий закон указывает, где искать источник силы. Полное определение силы вытекает из понятий времени, пространства и массы, или количества материи. Первые два из них – понятия времени и пространства – с точки зрения Шиллера понятия априорные и не подлежат определению с помощью других, простейших понятий.

Шиллер допускал ошибки и в том, и в другом случае. Статическое понятие силы возникает из представления об усилии, т.е. в конце концов из практики, из опыта. То же самое надо сказать и о втором, т.е. кинетическом определении силы. Если вниз упал человек и умер, то нет оснований утверждать, что его убило пространство и время, априорные и, по мнению автора, обусловленные формой нашего мышления понятия. Далее, переходя к массе, Шиллер понимает её как «измеренное количество материи» [Там же. С. 32]. Однако материю он трактует по-своему, т.е. идеалистически. Для него это лишь новая форма познания, необходимая для нашего ума, некоторая его функция, с помощью которой ум проникает на степень дальше в представлении о сущем. Материя подобно пространству и времени – понятие априорное. Материя не тело, а только одна из форм представления его, один из предикатов тела. «Материя, – пишет Шиллер, – не может быть ни твёрдою, ни жидкою, ни прозрачною, ни цветною, ни теплопроводящею, ни изолятором, ни металлическою, ни земляною; поэтому не может быть и речи о плотности материи, ни о молекулярном, ни о кристаллическом строении материи, ни о материи неорганической или органической, ни о материи живой или мёртвой, как не может быть речи о материи одухотворённой и психической, точно так же, как мы не говорим о материальном пространстве» [Там же. С. 32]. Если отбросить все «не» и «ни»,

входящие в отрицательные и так обильно нанизанные Шиллером предложения, тогда содержание, которое нужно вкладывать в понятие материи, будет близко к истинному, т.е. к тому, как понимает его материалист. Помимо абстрактного понятия материи существуют её различные конкретные формы. Абстракция же, лишённая реальной опоры, лишена и всякого содержания, она пуста. Тем не менее, это пустое понятие Шиллер относит к ряду величин и утверждает, что её, т.е. материи, «может быть больше и меньше», что ведёт уже к Пифагору. Физическое тело по Шиллеру представляет комбинацию понятий о пространстве, времени и материи, которые в то же время «не есть ни материя, ни объём, ни время» [Там же. С. 33]. Однако из понятий нельзя создать никакого физического тела. Это очевидно.

Понятие материи (или массы) и силы нельзя рассматривать независимо друг от друга. По его мнению, от нашего выбора зависит, принять ли одно из этих понятий за первичное, априорное, данное; тогда второе определится через него. С точки зрения априорности материи получается обычное ньютоновское определение силы. Если же принять за исходное положение априорность силы, то получим определение тела и массы: «1) тело есть то, что, подвергаясь действию силы, изменяет своё движение; 2) масса тела измеряется отношением силы к ускорению тела в её направлении» [Там же. С. 40]. Материалист решает вопрос однозначно: «Материя есть первичное» [31. С. 40], – и вовсе не потому, как считает Шиллер, что «из двух понятий, о материи и о силе, первое более подходит к представлению о непосредственном созерцании, нежели второе» [50*. С. 41]. Приписав силе самостоятельную роль, мы должны подумать об источнике силы, что ведёт к фидеизму, т.е. в сторону от физического разрешения проблемы.

Основной ошибкой рассуждений Шиллера является утверждение о полной произвольности в выборе исходных положений, или основных априорных понятий, при построении новых понятий. Разумным критерием, выбора на его взгляд, является удобство. Например, можно отказаться и от силы, и от массы как основных понятий, а взять за исходную точку суждений понятие об энергии. В этом случае понятия силы и массы станут производными понятиями. Всё дело в том, что «вывод понятий о силе и массе из понятия об энергии не может быть сделан так просто и в нескольких словах, как это имеет место в случае определения силы по массе» [Там же. С. 65]. Такой ход рассуждений возможен и, как известно, приводит к результатам, не противоречащим практике, опыту. Свидетельством служат уравнения Лагранжа, позволяющие определять значение силы по значению энергии.

Но здесь, как и в других случаях, под энергией нужно понимать не какую-либо сверх- или надматериальную категорию, а движущуюся материю. Это относится к любому виду материи и составляет суть научно оправданного аналитического метода, большой вклад в разработку которого и внёс Лагранж.

Теория множественности априорных форм познания в дальнейшем приводит Шиллера к признанию наряду с понятием материи понятия духа, которые «независимо друг от друга, не определяясь одно по другому и друг друга не исключая», ведут совместно «к познанию сущего» [Там же. С. 80]. Как дуалист, Шиллер признаёт, хотя и с оговорками, нечто положительное и за материализмом, в котором «несмотря на всё несовершенство и неосновательность (выделено мною. — В.Р.) окончательных выводов всё-таки кроется здоровая жизненная струя в том смысле, что она соответствует коренной потребности человеческого духа в монизме и действительно представляет почти единственную относительно строго выдержанную монистическую систему философии» [Там же. С. 82]. Ценное утверждение, ибо действительно, только став на позиции материализма, можно строить монистическую систему. Но быть обвинённым в материализме Шиллер также не желает и создавшееся двусмысленное положение объясняет недостаточной гибкостью русского языка, а именно, неопределённостью понятия «явление» [Там же. С. 83].

Колебания Шиллера между стихийным материализмом, к которому приходил он в результате специальных физических исследований, и между махистско-кантианскими взглядами на вопросы теории познания и философии природы можно объяснить слабым знакомством с материалистической философией, «шатанием мысли», объединившим «немца Маха, француза Пуанкаре, бельгийца П. Дюгема и англичанина К. Пирсона», анализ причин которого с исчерпывающей полнотой дан Лениным [31. С. 74 и 268]. Для Шиллера «вне всякого сомнения, остаётся, независимо от познающего разума, существование подлежащего познанию объективного мира» [50*. С. 85]. Но он считает законным «предположение о таком разуме, который обладал бы бóльшим количеством априорных понятий, нежели наш, и который, следовательно, познавал бы всё сущее с большей степенью совершенства, нежели мы» [Там же. С. 86]. Доказывать ошибочность этого положения считаем излишним.

Неправильно толковал Шиллер и причинную связь между физическими явлениями. «Совершенно от нашего произвола, обусловленного свойством нашего мышления, зависит, — писал он, — искать для одних явлений причинную связь с другими, а иные явления считать беспричинными, как бы испокон века

существующими». К сожалению, подобные взгляды не изжиты и в наше время. Достаточно напомнить о гений структуре у Шредингера [46. С. 69]. Для нас вопрос решается однозначно, и это решение дано материалистической философией [31. С. 133]. Таким образом, вопросы физики, имеющие фундаментальное значение для выработки и развития научного мировоззрения, в трактовке Шиллера получили неправильное освещение. Даже закон сохранения был взят им под сомнение. «Этот закон, – утверждал Шиллер, – не есть какое-то отгаданное нами свойство происходящих явлений или некоторый регламент, которому подчинена природа, как думают ультраматериалисты. Закон сохранения есть следствие нашего способа понимания источника силы; если мы помиримся с другими какими-либо источниками силы, то закон сохранения перестанет иметь для нас свою силу» [77*].

Методологические и философские ошибки Шиллера не случайны. Они прочно связаны с его мировоззрением, так как повторяются на протяжении длинного периода и в частной переписке, и в научных трудах. Несомненно, ошибки усилились на рубеже XIX и XX вв. и сохранились потом до конца его жизни (1910). Здесь каждый доклад или новая печатная работа [47] в той или иной степени связаны с пересмотром помимо основных физических понятий вопросов теории познания. Однако направление, избранное автором, часто уводило его в сторону от господствовавшего в то время среди естествоиспытателей стихийно материалистического направления, повторяло и усиливало ошибки, допущенные им в последних его работах.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В 1884 г. вышел в свет курс «Основания физики», составленный из лекций Шиллера, читанных им студентам Киевского университета [19*]. Книга содержит кинематику точки, основы динамики, статику и кинематику твёрдого тела. Изложение дано в духе строгого классического анализа, текст ограничен трактовкой основных понятий, определений и формулировкой необходимых аксиом и законов. Касаясь материи, автор относит к ней всё, что воздействует на наши органы чувств, представляется нам заполняющим пространство по длине, ширине и высоте, т.е. всё, что занимает известный объём и так или иначе ощущается [Там же]. Общими качествами материи он считает протяжённость, способность перемещаться как в целом, так и по частям, неразруши-

мость и неизменное количество в мире. Материальные тела состоят из отдельных материальных частиц, расположенных на некоторых весьма малых расстояниях друг от друга. Такие частицы называются молекулами.

К области физики Шиллер относит явления материального мира, связанные с перемещением молекул без изменения их внутренней структуры. Такая классификация, как известно, сохранилась до начала XIX века, когда учение об атоме и атомном ядре заставило пересмотреть содержание физики.

Массу автор определяет как количество материи, содержащейся в единице объема тела [Там же. С. 96]. По нашему мнению, нет оснований возражать против подобного определения. Отождествление же конкретной формы материи с веществом не может вызвать возражений [45. С. 189]. В соответствии с изложенным, плотность определяется им как количество материи, заключенной в единице объема данного тела [19*. С. 96]. Принятое определение плотности через отношение массы к объему

$\rho = \frac{dm}{dv}$ более строго, так как в дифференциальной форме оно пригодно для характеристики неоднородных сред и микрообъемов, включая плотность ядерного вещества.

Далее Шиллер останавливается на законах Ньютона и рассматривает их как результат наблюдения над условиями движения тел. В одном из писем к А.Г. Столетову в отношении законов Ньютона он считает, что настаивать на их текстуальной формулировке нет оснований, необходимо сохранять лишь дух ньютоновских определений [47]. Поэтому первый закон он формулирует так: «Причина, обуславливающая изменение величины и направления скорости данной массы и независимая от этой массы, называется силою, приложенною к данной массе», – и рассматривает его как определение силы [19*. С. 97]. Понятие инерции он выводит из понятия силы как отрицательное качество материи, заключающееся в неспособности (по произволу. – В.Р.) изменять своё движение.

Второй закон дается им в формулировке Ньютона, математический эквивалент которой имеет вид

$$f dt = \Delta (mv).$$

Закон этот даёт углублённое понятие силы, определяя её меру.

Наличие третьего закона Шиллер считает необходимым для полноты определений в системе механики Ньютона, так как указывает на источник силы, которым является другое матери-

альное тело. Иначе говоря, силы можно понимать лишь как взаимные. В связи с учением о моменте он вводит понятие о векторе. Справедливость требует отметить тяжёлый язык изложения, отсутствие в тексте чертежей, неясные и неточные определения ряда понятий – таких как равномерная и неравномерная скорость, вектор, работа и др. [Там же. С. 16, 18, 123, 147]. Утверждение, что понятие о движении приложимо не только к материальным телам, но и к геометрическим местам, занимаемым этими телами [Там же. С. 5], противоречит материалистической трактовке [31. С. 57], а также истории вопроса, так как механика выросла из практической деятельности человека, имевшего дело с реальными вещами, занимавшими всегда и определённые места.

Из многих глав теоретической физики, не утративших своего значения до наших дней, является теория потенциальной функции. Применённая сначала к тяготеющим массам (Ж.Л. Лагранж, П.С. Лаплас), позже распространённая на электрические и магнитные взаимодействия (Г. Грин), теория получила широкое признание после работ К.Ф. Гаусса (1890). Общность математического языка, выраженного в форме уравнений Лапласа и Пуассона, помимо педагогической ценности ставила вопрос об отыскании внутренней связи между отдельными группами физических явлений, о единстве сил, направляющих процессы природы. Работа Н.Н. Шиллера по теории потенциальной функции, изложенная в духе классического математического анализа, представляет серьёзный труд [20*]. В ней описаны основные свойства потенциальной функции, которая предназначена для исследования сил, действующих обратно пропорционально квадратам расстояний между полюсами, и её производных. Подробно рассмотрены потенциальные функции полярных масс, двойного поверхностного слоя, теорема Грина и её следствия, потенциальная функция двух аргументов. Такие вопросы, как общая задача электростатики, теория намагничивания, распределение стационарных токов, температур, значение потенциальной функции в гидродинамике рассмотрены в общем виде в последней главе.

Обобщая понятие полюса на электрические, магнитные и тяжёлые материальные точки, Шиллер в своих выводах исходит из закона взаимодействия в его обычной форме:

$$F = -k \frac{mm'}{r^2}.$$

Для взаимодействий подобного типа потенциальная функция определяется им как работа, выполняемая центральными сила-

ми, действующими на точку с массой +1 при перемещении её из данного положения в бесконечность [Там же. С. 9]. Дадётся понятие о потенциале действия системы на себя,

$$\Pi = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{k=1}^{k=n} \frac{m_i m_k}{r_{ik}},$$

где m_i и m_k – полюсы системы, рассмотрены общие свойства функции и применение её к некоторым частным случаям: к сфере, однородному шаровому слою, сферической поверхности, к двум концентрическим шаровым поверхностям. Подробно рассматривается теорема Грина и следствия из неё в применении к функциям одной и двух переменных.

Так как в то время (1887) учение об электронах только зарождалось [48], то у Шиллера говорится лишь о точках приложения электрических сил. Эта динамическая концепция, берущая своё начало от Бошковича [49] и его последователей, продержалась, как видим, до конца XIX в. При отсутствии равновесия разноимённые носители электричества перемещаются внутри проводника перпендикулярно к эквипотенциальным поверхностям, создавая электрический ток. Введены понятия о плотности, силе и напряжении тока, причём сила и напряжение тока, считались в то время (1884) Шиллером тождественными [20*. С. 182]. Утверждение, что электрический ток создаётся двумя одновременно движущимися в противоположных направлениях потоками положительного и отрицательного электричества, нужно считать пройденным этапом для того времени. Впервые эта мысль была высказана в 1845 г. Г. Фехнером [50] и позже развита В. Вебером [51] и другими авторами. Однако подобная картина плохо укладывалась в рамки предложенной теории, встречала сильные возражения [52] и к началу 80-х годов была оставлена. Клаузиус писал: «Пока нас не вынуждают факты неизбежно принять такое двойственное течение, нельзя отказаться от более простого представления, что ток производится течением одной только жидкости, и им же следует пытаться объяснять действия гальванического тока» [53. С. 228]. Эта точка зрения получила дальнейшее развитие в науке для токов в металлах. Основы её считаются верными и в наше время [54].

В заключение остановимся на некоторых соображениях Шиллера, представляющих общепедагогический интерес. Шла ли речь о специальном исследовании или о популярной статье, он всегда старался придать своим выводам строго логическую форму, избегая лишних рассуждений и «рогатых» формул. В каждой работе он обходился тем минимумом, без выполнения которого

возникает неопределённость в истолковании введённых терминов и понятий.

В элементарных статьях Шиллер избегал становиться на путь подделки под язык упрощённый, под язык человека не созревшего. «Элементарное изложение оснований какого-нибудь учения никаким образом не должно быть связано с уступками по отношению к строгости и логичной последовательности», — писал он в одной из работ [41*. С. 27]. Там же он выставил очень важное требование, которое можно рекомендовать и в наше время, особенно составителям популярных книг и брошюр. «Безукоризненное элементарное изложение, — писал он, — может удаваться только таким авторам, которые вполне ориентированы во всех частях излагаемой ими науки и знакомы со всевозможными путями, коими можно прийти к тому или другому роду понятий». И далее: «Элементарное изложение предмета становится искажением этого последнего у таких авторов, которые не обсуждали вопрос самостоятельно и черпали сведения от таких же мало-сведущих комментаторов, изложению которых они затем подражают, воспроизводя не научные истины, а какие-то их карикатурные подобию» [Там же].

Мы разделяем эти мысли Шиллера. Встречающийся иногда взгляд, что при составлении популярной статьи или книги можно обойтись меньшим запасом знаний и меньшей их глубиной, что здесь требуется только достаточная разносторонность знаний, — взгляд неверный. Такие мастера популярного изложения, как К.А. Тимирязев («Жизнь растений») [55], А.Г. Столетов («Очерк развития наших сведений о газах») [56], Н.А. Умов («Эволюция атома») [57], С.И. Вавилов («Глаз и солнце») [58], произведения которых читаются с одинаковым интересом как лицом с элементарной подготовкой, так и научным работником-специалистом, подтверждают эту мысль. Ошибка простибельна в научной книге, когда последняя имеет ограниченный круг читателей, скоро будет замечена и не принесёт, следовательно, большого вреда. И та же ошибка непростибельна в популярной статье, имеющей широкое распространение, и где печатный материал не может быть проверен читателем. Сам Шиллер не принадлежал к числу популяризаторов и не стремился им стать. Имеющиеся у него элементарные статьи отличаются от других работ тем, что при их написании автор избегал применять математический анализ. Но язык их почти так же скуп и труден для понимания, как язык статей, предназначенных для специалистов.

Ученик Шиллера и его биограф И.И. Косоногов, передавая свои впечатления о лекциях Н.Н., писал, что изложение их было нервное, порывистое, обильное отступлениями. Однако лектор

никогда не отделялся от трудных вопросов общими фразами, не обходил их, потому и лекции его требовали от слушателей напряжённой работы мысли. На первых порах подобные лекции утомляли, но зато, привыкнув к языку и манере профессора, студенты с захватывающим интересом слушали его [59]. Строгий к себе, Шиллер был требователен и к студентам и как экзаменатор [1, 60], и как руководитель [59].

ЛИТЕРАТУРА

1. Шиллер Н.Н. Письмо к А.Г. Столетову от 24.03.1880 г. // Архив МГУ.
2. Thomson W. On transient electric currents // Phil. Mag. 1853. Vol. 5. P. 393–405.
3. Helmholtz H. Ueber die Erhaltung der Kraft. В.: Reimer, 1847.
4. Kirchhoff G.R. Ueber die Bewegung der Elektrizität in Drähten // Ann. Phys. 1857. Bd. 100. S. 193–217.
5. Kirchhoff G.R. Ueber die Bewegung der Elektrizität in Leitern // Ibid. 1857. Bd. 102. S. 529–544.
6. Шиллер Н.Н. Электромагнитные свойства концов разомкнутых токов и диэлектриков. Киев, 1876. 51 с.
7. Helmholtz H. Ueber Bewegungsgleichungen der Elektrizität // J. Math. 1870. Bd. 72. S. 57–129.
8. Helmholtz H. Ueber die Theorie der Elektrodynamik // Ibid. 1873. Bd. 75. S. 35–66.
9. Helmholtz H. Vergleich des Ampère'schen und Neumann'schen Gesetzes für die elektrodynamischen Kräfte // Monatsber. Akad. 1873. S. 91–104.
10. Helmholtz H. Ueber galvanische Polarisation in gasfreien Flüssigkeiten // Ann. Phys. Chem. 1873. Bd. 150. S. 483–495.
11. Шиллер Н.Н. Письмо к А.Г. Столетову от 24.III.1888 г. Арх. Физ. ин-та. МГУ.
12. Korteweg D.J. Note à propos du phénomène [nouveau d'électricité statique] observé par M. Duter // C.r. Acad. sci. 1879. Vol. 88. P. 338–340.
13. Korteweg D.J. Ueber die Veränderung der Form und des Volumens dielektrischer Körper unter Einwirkung elektrischer Kräfte // Ann. Phys. Chem. 1880. Bd. 9. S. 48–61.
14. Korteweg D.J., Julius V.A. Ueber das Grössenverhältniss der elektrischen Ausdehnung dei Glas und Kaustschuk // Ibid. 1881. Bd. 12. S. 647–654.
15. Helmholtz H. Ueber die aus das Innere magnetisch oder dielektrisch polarisirter Körper wirkenden Kräfte // Ibid. 1881. Bd. 13. S. 385–406.
16. Kirchhoff G.R. Ueber die Formänderung, die ein fester elastischer Körper erfährt, wenn er magnetisch oder dielektrisch polarisirt wird // Ann. Phys. 1885. Bd. 24. S. 52–74.
17. Капустин Ф.Я. Влияние электрических и магнитных сил и т.д. на объём и давление газов. СПб., 1895. 93 с.
18. Капустин Ф.Я. Влияние весомости газов на некоторые их свойства // ЖРФХО. Часть физ. 1895. Т. 27. С. 103–127.

19. Капустин Ф.Я. Действие электрических и магнитных сил на давление и объем газов // Там же. С. 129–162.
20. Голицын Б. Исследования по математической физике. Ч. I. Общие свойства диэлектриков с точки зрения механической теории теплоты. Ч. II. О лучистой энергии. М., 1893. 174 с. (Учен. зап. Моск. ун-та. Т. 10).
21. Соколов А.П., Столетов А.Г. По поводу исследований кн. Б. Голицына (М., 1894) // Столетов А.Г. Сочинения. М.; Л.: Гостехиздат, 1939. Т. 1. С. 398–462.
22. Некрасов П.А. Термодинамика и электричество. По поводу исследований кн. Б. Голицына по математической физике. М., 1894. 48 с. (Учен. зап. Моск. ун-та. Отд. физ.-мат. Т. 11).
23. Голицын Б.Б. Об электростатической энергии // Мат. сб. 1895. Т. 17, вып. 3. С. 598–606.
24. Голицын Б.Б. О свободной энергии // Изв. АН. 1894. Т. 1, № 4. С. 387–394.
25. Фриш С.Э., Тиморева А.В. Курс общей физики. Т. 2. М.: Гостехтеоретиздат, 1949. 591 с.
26. Сканава Г.И. Физика диэлектриков. М., 1949. 500 с.
27. Косоногов И.И. К вопросу о диэлектриках. Киев: Ун-т Св. Владимира, 1901. IV. 316 с.
28. Thomson W. On the reflection and refraction of light // Philos. Mag. Ser. 5. 1888. 26. Nov. P. 414–425; 500–501.
29. Clausius R.J.E. Ueber die Anwendung des Satzes von der Aequivalenz der Verlandlungen auf die innere Arbeit // Pogg. Ann. 1862. Bd. 116. S. 73–112.
30. Арцыбашев С.А. Курс физики. Ч. 1. М., 1945.
31. Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм. М.: Госполитиздат, 1946. 336 с.
32. Маркс К. Избранные произведения. Т. 1. М.: Госполитиздат, 1941. XX. 440 с.
33. Энгельс Ф. Анти-Дюринг. М.: Госполитиздат, 1946. 376 с.
34. Ломоносов М.В. Размышления о причине теплоты и холода / Полн. собр. соч. М.; Л., 1951. Т. 2. С. 7–55.
35. Ломоносов М.В. Рассуждение о твердости и жидкости тел // Там же. М.; Л., 1952. Т. 3. С. 377–419.
36. Lavoisier A. Traité élémentaire de chimie présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes. P., 1789. XLIV. 322 p.
37. Столетов А.Г. Актино-электрические исследования // Сочинения. М.; Л.: Гостехиздат, 1939. Т. 1. С. 217–266.
38. Righi A. Sur les phénomènes électriques produits par les rayons ultra-violet // C. r. Acad. sci. 1888. Vol. 106. P. 1349.
39. Умов Н.А. Уравнения движения энергии в телах. Одесса, 1874. 56 с.
40. Mayer J.R. Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur // Ann. Chem. und Pharm. 1842. Bd. 42. S. 233–240.
41. Joule J.P. On the production of heat by voltaic electricity // Proc. Roy. Soc. London. 1840. Vol. 4. P. 280–282.
42. Joule J.P. On specific heat // Philos. Mag. Ser. 3. 1844. Vol. 25. P. 334–337.

43. *Смирнов Н.А.* Прибор для определения механического эквивалента тепла // ЖРФХО. Часть физ. 1907. Т. 29, № 5А. С. 129–132; 150.
44. *Clausius R.J.E.* Ueber die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen // Pogg. Ann. 1850. Bd. 81. S. 368–397, 500–524.
45. *Энгельс Ф.* Диалектика природы. М.: Госполитиздат, 1948. XVI. 331 с.
46. *Шредингер Э.* Что такое жизнь с точки зрения физика? М.: Изд-во иностр. лит., 1947. 146 с.
47. *Шиллер Н.Н.* Письмо к А.Г. Столетову от 4.VIII.1887 г. // Арх. Физ. ин-та. МГУ.
48. *Лоренц Г.А.* Теория электронов и её применение к явлениям света и тепловых измерений. М.: Гостехтеоретиздат, 1953. 472 с.
49. *Boscovich R.G.* Philosophiae naturalis theoria, redacta ad unicum legem virium in natura existentium. Vienna (Wena): Libr. Kaliwodiana, 1759. 322 p.
50. *Fechner G.* Ueber die Verknüpfung der Faraday'schen Induktions-Erscheinungen mit den Ampere'schen elektrodynamischen Erscheinungen // Pogg. Ann. 1845. Bd. 64. S. 337–344.
51. *Weber W.* Elektrodynamischen Maasbestimmungen // Ibid. 1848. Bd. 71. S. 193–240.
52. *Neumann C.* Elektrodynamische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht aus das Prinzip der Energie // Ber. Math. Phys. 1871. Bd. 23. S. 386–449.
53. *Clausius R.E.J.* Die mechanische Behandlung der Elektrizität // Die mechanische Wärmetheorie: 3 Bd. Bd. 2. Braunschweig: Vieweg, 1879. XII. 352 S.
54. *Пайерлс Р.* Электронная теория металлов. М.: Изд-во иностр. лит., 1947. 96 с.
55. *Тимирязев К.А.* Жизнь растений. М.: ОГИЗ: Сельхозгиз, 1949. 641 с. (Избр. произведения: В 4 т.; Т. 3).
56. *Столетов А.Г.* Очерк развития наших сведений о газах // Сочинения. М.; Л.: Гостехиздат, 1941. Т. 2. С. 55–185.
57. *Умов Н.А.* Эволюция атома. М., 1916. 285 с. (Собр. соч.; Т. 3).
58. *Вавилов С.И.* Глаз и солнце. 4-е изд. М.: Изд-во АН СССР, 1941. 85 с.
59. *Косоногов И.И.* Николай Николаевич Шиллер: (Некролог) // ЖРФХО. Часть физ. 1911. Т. 43. С. 449–475.
60. *Шиллер Н.Н.* Письма к Столетову от 25.IV.1887 и от 29.V.1894 / Арх. Физ. Ин-та. МГУ.

Приложение

СПИСОК ПЕЧАТНЫХ ТРУДОВ Н.Н. ШИЛЛЕРА

1. Об индуктивных токах в разомкнутых проводниках // Труды 2-го Съезда российских естествоиспытателей и врачей в Москве в 1869 г. М., 1870. Ч. II.

2. Токи, индуктированные в незамкнутых цепях // *Мат. сб. М.*, 1872.
3. Опытное исследование электрических колебаний // *Там же.* 1874. Т. 7, вып. 1–4.
4. Некоторые экспериментальные исследования над электрическими колебаниями // *ЖРФХО. Часть физ.* 1874. Т. 6, № 9Б. С. 189–190.
5. Experimente über elektrische Schwingungen // *Pogg. Ann.* 1874. Bd. 152. S. 535.
6. Отчет о командировке за границу // *Изв. Моск. ун-та.* 1874.
7. Versuche mit Strömenden und geschlossenen Magneten // *Berichte.* 1875.
8. Опыт над электродинамическим действием тока // *ЖРФХО. Часть физ.* 1875. Т. 7, № 6А. С. 179–180. (Совместно с Р.А. Колли).
9. Versuch über die elektrodynamische Wirkung des Polarisations-Ströms // *Pogg. Ann.* 1875. Bd. 155. S. 467. (Совместно с Р.А. Колли).
10. Электромагнитные свойства концов разомкнутых токов и диэлектриков // *ЖРФХО. Часть физ.* 1876. Т. 8, № 5А. С. 229–258; № 6А. С. 289–310; К.У.И. 1876. № 2. С. 1–25; № 3. С. 27–33.
11. Elektromagnetische Eigenschaften der ungeschlossenen elektrischen Ströme // *Pogg. Ann.* 1876. Bd. 159. S. 456, 537; Bd. 160: (Berichtigung). S. 333.
12. Дополнение к статье «Об электромагнитных свойствах концов разомкнутых токов» // *ЖРФХО. Часть физ.* 1877. Т. 9, № 3А. С. 184–185.
13. Взаимодействие тел, погруженных в движущуюся несжимаемую жидкость // *К.У.И.* 1877. № 7. С. 183–215.
14. Некоторые приложения механической теории тепла к изменениям состояния упругого тела // *Там же.* № 3. С. 1–25; *ЖРФХО. Часть физ.* 1879. Т. 11, № 6А. С. 55–77.
15. Элементарный вывод закона сохранения энергии // *Там же.* 1880. Т. 12. № 1/2А. С. 14–19; *К.У.И.* 1880. № 2. С. 73–78.
16. Несколько замечаний о «Некоторых дополнениях к новым исследованиям по кинетике капельной жидкости» Ф.А. Слудского (*Зап. Акад.* Т. 35) // *К.У.И.* 1880. № 4. С. 109–130.
17. Несколько замечаний о «Новых дополнениях к исследованиям по кинетике капельной жидкости» Ф.А. Слудского (*Bull. Soc. Nat. Moscou.* 1880. N 3) // *К.У.И.* 1881. № 3. С. 23–48.
18. О новой статье Ф.А. Слудского под заглавием: «Новые дополнения к новым исследованиям по кинетике капельной жидкости. Статья вторая» (*Bull. Soc. Nat. Moscou.* 1883. № 4) // *К.У.И.* 1883.
19. Основания физики. Ч. 1. Кинематика, основы динамики, статика и кинетика твердых тел. Киев, 1884. 360 с.
20. Лекции по теории потенциальной функции // *К.У.И.* 1884. № 1. С. 41–54; № 2. С. 106–132; № 4. С. 155–171; № 5. С. 191–220; № 6. С. 221–248; № 9. С. 289–342; № 10. С. 343–498; № 11. С. 499–582. Отд. изд. Киев, 1885. 8⁰, 252 с.
21. К вопросу об ударе абсолютно твердых тел // *ЖРФХО. Часть физ.* 1885. Т. 17, № 1А. С. 5–12; № 7А. 200–214; *К.У.И.* 1885. № 1. С. 1–10; № 10. С. 35–51.

22. Элементы учения об электричестве // К.У.И. 1886. № 4. С. 1–16; № 5. С. 185–224; № 6. С. 223–256; № 8. С. 257–278; Журн. элементар. математики В.П. Ермакова. 1886.
23. По поводу «Опровержения принципа Гюйгенса господином Краевичем» // ЖРФХО. Часть физ. 1887. Т. 19, № 5А. С. 184–185.
24. Абсолютная шкала температур и два начала механической теории тепла // Вестн. опыт. физики. 1888.
25. Ueber eine mögliche, aus den Joule–Thomson'schen Abkühlungsversuchen herzuleitende Form der Zustandsgleichung für Gase // Wied. Ann. 1890. Bd. 40. S. 149–156.
26. Возможные формы уравнений состояния газа, вытекающие из опытов Томсона и Джоуля над охлаждением при истечении газов // ЖРФХО. Часть физ. 1890. Т. 22, № 3А. С. 89, 110–115.
27. Возможная форма уравнения состояния газов по опытам Томсона и Джоуля над охлаждением газов при истечении // К.У.И. 1890. № 3. С. 1–8.
28. Заметка о центробежной силе // Вестн. опыт. физики. 1890. № 88. С. 61–74.
29. Роль Атвудовой машины при мнимом экспериментальном доказательстве закона Ньютона // Там же. № 100. С. 61–64.
30. Заметка о равновесии твердого тела при действии трения на плоскую часть его поверхности // К.У.И. 1892. № 5. С. 1–6.
31. Отзыв о сочинении магистра физики Д.А. Гольдгаммера под заглавием «Электромагнитная теория света, ч. I и II с дополнениями», представленном для получения степени доктора физики // К.У.И. 1893. № 6. С. 1–13.
32. Представление изображений независимо от хода лучей в преломляющей среде оптических стекол // Там же. С. 41–44.
33. Несколько замечаний по поводу «Исследований по математической физике» кн. Б. Голицына // К.У.И. 1894. № 6. С. 1–47.
34. О некоторых новых взглядах на методы решения вопросов физики // Там же. № 7. С. 1–33.
35. Ueber die durch einen äusseren Druck verursachte isothermische Aenderung der Spannkraft des gesättigten Dampfes // Wied. Ann. 1894. Bd. 53. S. 396–400.
36. Ueber die von der Variation elektrostatischer Energie abgeleiteten elektrischen ponderomotorischen Kräfte // Ibid. S. 432–446.
37. О вариации выражения электростатической энергии и силах электрострикции // ЖРФХО. Часть физ. 1894. Т. 26, № 4А. С. 203–217; К.У.И. 1895. № 11. С. 1–18.
38. К вопросу о термодинамическом потенциале // Тр. Отд. физ. наук имп. о-ва любителей естествознания, антропологии и этнографии. 1894. Т. 7, № 1. С. 22–31.
39. Об электрической энергии при зависимости диэлектрического коэффициента от силы поля // Мат. сб. 1894. Т. 18.
40. Элементарная теория относительного движения // К.У.И. 1895. № 8. С. 17–32.

41. Последние успехи в области нео-электричества // Там же. № 9. С. 1–38.
42. О влиянии внешнего давления, приложенного к поверхности раздела жидкости и ее пара, на упругость этого последнего // Тр. Отд. физ. наук имп. о-ва любителей естествознания. 1895. Т. 7. С. 31.
43. Общие условия равновесия насыщенного пара и его жидкости под действием приложенных сил // Там же. Т. VII. С. 7. Отд. оттиск. М., 1895.
44. Соотношения между обратимыми круговыми процессами и общими условиями равновесия приложенных сил // ЖРФХО. Часть физ. 1895. Т. 27, № 7А. С. 197–212; К.У.И. 1896. № 2. С. 1–15.
45. О влиянии упругости газа, примешанного к насыщенному пару данной жидкости, на критическую температуру последней // Тр. Киев. о-ва естествоиспытателей. 1896.
46. Некоторые следствия гипотезы сэра Вильяма Томсона (лорда Кельвина) о сжимаемом светоносном эфире // К.У.И. 1896. № 12. С. 1–13; Мат. сб. 1896. Т. 19.
47. Характеристика личности и научных трудов покойного проф. А.Г. Столетова // К.У.И. 1896. № 12. С. 1–10.
48. Некоторые опыты с испарением жидкости под высоким газовым давлением // ЖРФХО. Часть физ. 1897. Т. 29, № 1А. С. 7–13; К.У.И. 1897. № 5. С. 1–7.
49. Einige Versuche über Verdampfung von Flüssigkeiten durch einen hohen Gasdruck // Wied. Ann. 1897. Bd. 60. S. 755–759.
50. Значение понятий о «силе» и «массе» в теории познания и в механике // К.У.И. 1898. № 2. С. 1–91.
51. О втором законе термодинамики и об одной новой его формулировке // ЖРФХО. Часть физ. 1898. Т. 30, № 2А. С. 31–41.
52. О новой формулировке второго начала механической теории тепла // К.У.И. 1898. Отд. оттиск.
53. О действии внешнего давления на поверхность раздела жидкости и ее пара // ЖРФХО. Часть физ. 1898. Т. 30, № 4А. С. 79–91; К.У.И. 1898. № 4. С. 1–13.
54. Замечание о приеме Кирхгофа для вычисления теплоты разжижения // Дневник X Съезда российских естествоиспытателей и врачей. 1898. С. 147.
55. Один парадокс из теории упругости // Там же. С. 319–321.
56. Вывод теоремы Максвелла относительно работы пондеромоторных электрических сил при постоянстве потенциальной функции на проводниках // Там же. С. 322.
57. К выводу измерения упругости насыщенного пара внешним поверхностным давлением // Там же. С. 85.
58. Теплота разжижения растворов // Там же. С. 313.
59. Теплота растворения газов в жидкости // Там же. С. 317–318.
60. Замечания относительно второго закона термодинамики // Там же. С. 321.
61. Об одном законе относительно упругости пара над растворами и плотностей растворителя // Там же. С. 325.

62. Роль осмотического давления в термодинамике растворов (Реферат на X Съезде русских естествоиспытателей) // ЖРФХО. Часть физ. 1898. Т. 30, № 8А. С. 159–174; К.У.И. 1898. № 11. С. 1–17.
63. Заметка по поводу одного термодинамического вывода В.А. Кистяковского // ЖРФХО. Часть физ. 1898. Т. 30, № 8А. С. 175–181; К.У.И. 1898. № 12. С. 15–21.
64. Die Bedeutung des osmotischen Drucks in der Thermodynamik der Lösungen // Wied. Ann. 1899. Bd. 67. S. 291–306.
65. Происхождение и развитие понятий о «температуре» и «тепле»: Критико-гносеологический очерк // К.У.И. 1899. № 7. С. 1–53.
66. Об изменении внутренней энергии при разжижении растворов // ЖРФХО. Часть физ. 1899. Т. 31, № 6А. С. 93–101; К.У.И. 1899. № 8. С. 1–10.
67. Опытные данные и определения, лежащие в основании второго закона термодинамики // ЖРФХО. Часть физ. 1900. Т. 32, № 1А. С. 37–49; К.У.И. 1900. № 3. С. 1–14.
68. Einige thermodynamisch abzuleitende Beziehungen zwischen den Grössen, die den physikalischen Zustand einer Lösung charakterisieren // Arch. néerl. 1900. Bd. (2)5. S. 118–147.
69. Заметка по методологии учения о двойном лучепреломлении // Физ. обозрение. 1900. Т. 1. С. 145; К.У.И. 1901. № 1. С. 1–8.
70. Заметка о законе Допплера // Физ. обозрение. 1901. Т. 2. С. 183–187.
71. Der Begriff des thermischen Verkehrs als Grundlage des zweiten thermodynamischen Hauptsatzes // Annalen. 1901. Bd. 5. S. 313–325.
72. Zur Thermodynamik gesättigter Lösungen // Ibid. S. 326–348.
73. Zur Thermodynamik ungesättigter Lösungen // Arch. néerl. 1901. Bd. (2)6. S. 497–549.
74. Das Gesetz der Partialdichteänderung eines Lösungsmittels mit der Konzentrations der Lösung // Annalen. 1902. Bd. 8. S. 588–599.
75. Педагогическая заметка по поводу «формулы центростремительной силы» // Вестн. опыт. физики. 1902. № 1. С. 7–16; К.У.И. 1902.
76. К термодинамике ненасыщенных растворов // ЖРФХО. Часть физ. 1902. Т. 34, № 4Б. С. 13–15; Дневник XI Съезда русских естествоиспытателей и врачей. 1902. С. 63–64.
77. Основные законы термодинамики // ЖРФХО. Часть физ. 1902. Т. 34, № 8А. С. 377–426; № 4Б. С. 27; Дневник XI Съезда русских естествоиспытателей и врачей. 1902. С. 241–242; К.У.И. 1903.
78. По поводу изменения законов Ньютона, предложенного В.П. Ермаковым // К.У.И. 1903. С. 83–92. Отд. оттиск.
79. О возможном построении механики масс, не опирающемся на вспомогательное определение понятия о силе // Физ. обозрение. 1903. Т. 4. С. 1–9; К.У.И. 1903. С. 86–96.
80. Einige Bedenken betreffend die Theorie der Entropievermehrung durch Diffusion der Gase bei einander gleichen Anfangsspannungen der letzteren // Boltzmann-Festschrift. 1904. S. 350–366.
81. Разрывность производной от давления как существенное условие правила фаз // К.У.И. 1905. № 10. С. 45–48.

82. Die Bedeutung der Unstetigkeit der ersten Derivierten des Druckes nach der Temperatur bei der Feststellung der Phasenregel // *Zschr. phys. Chem.* 1906. Bd. 54. S 451–454.
83. Einige Bemerkungen über gegenseitige Verhalten des aufgelösten Stoffes und des entsprechenden Lösungsmittels // *Ibid.* S. 455–462.
84. Eine Bemerkung über die Beziehung zwieschen der absoluten Temperatur und der kinetischen Energie eines thermodynamischen Systems // *Annalen.* 1907. Bd. 22. S. 573–578.
85. Разыскание моноцикла, соответствующего данной термодинамической системе // *ЖРФХО. Часть физ.* 1908. Т. 40, № 3А. С. 85–108.
86. Замечания об аналитическом представлении II начала термодинамики // Там же. 1910. Т. 42, № 3А. С. 117–128.

СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ ВАВИЛОВ И ЕГО «НАУЧНЫЕ ЗАПИСИ. 1935–1943 гг.»*

Сергей Иванович Вавилов (24.III.1891–25.I.1951) – неординарный значительный человек. Крупный физик, он был также и общественным деятелем в высшем значении этого слова в эпоху, которая не только не предполагала, но и активно противодействовала служению обществу, человеку. Даже люди, знавшие его поверхностно, но сами крупные личности, понимали его значимость. Дж. Бернал в 1951 г. писал: «Для Вавилова как человека было характерно спокойное и сдержанное достоинство. Он внушал глубокое уважение здравостью своих суждений и цельностью и прямоотой своего характера. Он умер на посту, по всей вероятности от переутомления, однако сделанная им работа на пользу Родины превосходит обычно выпадающую на долю одного человека. Наряду с Ломоносовым его будут считать одним из великих создателей науки в СССР» (Цит. по [1]).

Публикация отрывков из дневников Вавилова в журнале «Вопросы истории естествознания и техники» (№ 1 и 2 за 2004 г.) вызвали неподдельный интерес и произвели большое впечатление на многих. Публикуемые ниже (с сокращениями) «Научные записи. 1935–1943 гг.» (название самого Вавилова) рассчитаны, естественно, на более скромную аудиторию, но они также многое скажут читателю об учёном и человеке Сергее Ивановиче Вавиллове. Отбор материала был подчинён задаче дать общее представление о содержании записей. Речь в них идёт о конкретных исследовательских задачах, стоявших перед Вавиловым, перед его сотрудниками и учениками. Его интересовали вопросы популяризации науки, что также нашло отражение в записях. Много внимания уделял Вавилов истории науки; и об этом он пишет в рабочем дневнике.

Основные работы Вавилова относятся к физической оптике. Изменение представлений о природе света, совпавшее по времени с началом его научной деятельности, заставило С.И. задуматься над рядом проблем, возникших в связи с этим. Первой следует назвать задачу прямого доказательства квантовой природы света, затем вопрос о границах применимости линейных соотноше-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ (проект № 06-03-00058а).

ний в оптике, наконец, вопрос о свойствах молекул и их оптических характеристиках, приведший к изучению люминесценции. Исследования в этих трёх направлениях пересекались, подпитывали друг друга. И самый разительный пример такого взаимодействия – открытие в 1934 г. нового явления: излучения Вавилова–Черенкова.

Решение вопроса о природе света Вавилов искал на стыке физики и физиологии зрения – путь для физика необычный, но свойственный естествоиспытателю, которым в сущности был С.И. Вавилов. Ещё в 1920 г. он предложил использовать глаз в качестве абсолютного прибора, который, начиная с некоторой довольно точно измеряемой величины потока энергии, теряет способность воспринимать свет. В конце 1920-х гг. Вавилов вернулся к идее доказать корпускулярные свойства света прямыми опытами, но эксперименты были прерваны. Только в 1933 г. совместно с Е.М. Брумбергом был отработан и введён в лабораторную практику визуальный метод измерения слабых интенсивностей (метод гашения), в то время непревзойдённый по точности. В результате многих сотен серий подобных измерений, проведённых в 1932–1941 гг. Вавиловым и его сотрудниками, был установлен статистический характер наблюдавшихся флуктуаций, согласующийся с квантовой природой света. Квантовая теория интерференционных явлений также была подтверждена экспериментами с использованием этого визуального метода.

Люминесценция – вот та область физической оптики, в которой Вавилов получил наиболее значительные результаты и в которой им создана мощная научная школа. Имена её представителей мы находим на страницах записей. Это В.Л. Лёвшин, Б.М. Брумберг, П.Г. Глухов, Б.Я. Свешников, П.П. Феофилов, А.Н. Севченко, Л.А. Тумерман, В.В. Антонов-Романовский, М.Д. Галанин, И.А. Хвостиков. А когда Вавилов начинал, наука о люминесценции, несмотря на более чем двухсотлетнюю историю, являла собой набор разрозненных фактов о некоторых веществах с весьма смутными представлениями о механизме процессов, в них происходящих, и единственным законом – правилом Стокса. В конце жизни, в декабре 1950 г., С.И. Вавилов писал: «За 30 лет учение о люминесценции необычайно выросло под влиянием двух главных причин. Развитие квантовой механики и учения о строении вещества дало, наконец, основу для понимания и количественного объяснения наиболее важных особенностей люминесценции среди необъятного разнообразия отдельных фактов. С другой стороны, люминесценция с каждым годом шире и значительнее стала переходить в технику и в разнообразную

практику» [2]. И, чтобы сказанное осуществилось, многое было сделано Вавиловым и его учениками.

Собственные работы С.И. Вавилова в этой области относятся преимущественно к фотолюминесценции. Уже в 1922 г. он ввёл понятие о выходе люминесценции как отношении энергии люминесценции к поглощённой энергии источника возбуждения (1922, назвал так в 1924), определил абсолютные значения этой величины для некоторых веществ, выяснил влияние на выход люминесценции различных факторов, установил закон квантового выхода фотолюминесценции в зависимости от длины волны возбуждающего излучения (закон Вавилова, 1927), ввёл критерий длительности свечения люминесценции (1932, 1944), позволивший уточнить само понятие люминесценции; подробно разобрал вопрос о значении поляризационных спектров люминесценции для анализа структуры молекул. Определение, данное Вавиловым для люминесценции: излучение, представляющее избыток над тепловым излучением тела и продолжающееся в течение времени, превышающего период световых колебаний, дало критерий, позволяющий отличить это излучение от других.

С.И. Вавилов интересовался также действием других, кроме света, видов излучения на люминесцирующие растворы. В 1933 г. он предложил своему аспиранту П.А. Черенкову изучить свечение растворов ураниловых солей при возбуждении их гамма-лучами радия. В процессе измерений, основанных на визуальном методе, о котором было уже сказано, Черенков заметил слабое голубоватое свечение, присущее всем чистым растворителям. Вавилов быстро понял, что речь идёт о новом виде излучения, так как его спектральный состав не зависел от природы растворителя; кроме того, не наблюдалось тушение излучения – свойство, присущее люминесценции. Вавилов предложил принципиально верную интерпретацию этого явления (1934), указав, что источником излучения служат быстрые электроны, создаваемые в веществе под действием гамма-лучей. Полная классическая теория явления дана И.Е. Таммом и И.М. Франком в 1937 г.: было показано, что излучение Вавилова–Черенкова возникает при движении электронов в среде со скоростью, превышающей фазовую скорость света в этой среде. (Подробнее об этом см. статью Б.М. Болотовского [3]). Потом оказалось, что и само явление уже наблюдалось, но не было понято, и теория его предложена ещё в 1899 г. О. Хевисайдом. Выступая в МГУ в декабре 1944 г. Вавилов так обрисовал ставшую к тому времени известной предысторию этого явления: «Поучительно на одну минуту заглянуть в историю. Едва ли кто из физиков старшего поколения не читал знаменитую речь лорда Кельвина “Облака XIX века”,

сказанную им в 1900 г. Однако едва ли кто помнит, что в этой речи эффект Черенкова предсказывался Кельвином, правда, для пространства, свободного от вещества. В это время теории относительности ещё не было, ещё не существовало запрета для скорости частиц в вакууме, превышающей скорость света, поэтому Кельвин, рассуждая по аналогии со звуком и опираясь на артиллерийские опыты Маха, указал, что если частица будет двигаться со скоростью, большей скорости света, то должна получиться коническая световая волна с углом, определяемым уравнением $\cos \varphi = c/vn$. И далее: «Через четыре года после Кельвина, независимо от него, гораздо более громоздко к тому же выводу пришёл Зоммерфельд незадолго до появления теории относительности... И Кельвин, и Зоммерфельд ошибались. С другой стороны, физики более молодого поколения, загипнотизированные невозможностью скорости движения тела, большей скорости света в безвоздушном пространстве, забыли о том, что в среде этого запрета нет. Новое явление было открыто чисто эмпирически, и только потом удалось его теоретически объяснить во всех подробностях» [4. С. 224–225]. К сказанному можно только добавить, что, не будь Вавилова, ещё долгое время это явление не было бы открыто.

К 1935 г. С.И. Вавилов уже признанный авторитет в своей области, что «оформлено» и официально: в 1931 г. его избирают членом-корреспондентом, а в следующем году действительным членом АН СССР. В это время он уже обременён многими административными обязанностями. В 1932–1945 гг. он заместитель директора по научной части Государственного оптического института (ГОИ) в Ленинграде и заведующий лабораторией люминесцентного анализа там, директор Физического института АН СССР (1932–1951), организованного в Ленинграде и в 1934 г. переведённого в Москву, а с 1934 г. ещё и заведующий лабораторией люминесценции ФИАН, председатель Комиссии по изучению стратосферы при Президиуме АН СССР (1933–1937) и Комиссии АН СССР по изданию научно-популярной литературы и серии «Итоги и проблемы современной науки» (1933–1951), член Президиума АН СССР с 1935 г. А ещё он депутат Ленинградского городского Совета депутатов трудящихся (1935–1938) и Верховного Совета РСФСР (1938–1947), «и прочая, и прочая». Учитывая ответственное отношение Вавилова ко всему, что он делал, ясно, как трудно приходилось ему. Это видно даже по опубликованным в этом году работам: например, половина из 20 статей, изданных в 1935 г., написана Вавиловым во исполнение административных обязанностей. То же соотношение характерно для последующих лет. Положение меняется в годы войны,

когда из списка его работ «уходят» необязательные для учёного публикации, исчезает необходимость высказываться по обязанности.

Но главным для Вавилова всегда оставалась личная экспериментальная работа и любимая им история науки.

Таков фон, который следует иметь в виду, читая «Научные записи» Вавилова. Они занимают 382 страницы общей тетради. Первая запись сделана 1 июля 1935 г. в Париже, последняя – 14 ноября 1943 г. в Йошкар-Оле, где в то время находился в эвакуации ГОИ. Париж был одним из пунктов длительной поездки Вавилова: летом 1935 г. его командировали в Польшу, Италию, Францию, Германию и Австрию для ознакомления с работой оптических лабораторий и заводов. Он встретился со многими зарубежными коллегами. В частности, в Польше, где работала сильная группа оптиков, Вавилов договорился о проведении первой международной конференции по люминесценции, которая состоялась в следующем, 1936 г., в Варшаве. В ней приняли участие П. Прингсгейм, Ф. Перрен, Р.В. Поль, С. Пиньковский и его польские ученики и сотрудники, учёные из Бельгии, Германии, Франции, Индии, Румынии, Югославии. Советские участники прислали на конференцию доклады – С.И. Вавилов, В.Л. Лёвшин, А.Н. Теренин, Ф.А. Душинский, Л.И. Мандельштам и Г.С. Ландсберг. Значение конференции велико: представленные на ней доклады, дискуссии по ним помогли институализации международного научного сообщества в области люминесценции. Неявно это признал П. Прингсгейм в 1949 г.: «Любопытно видеть, как распространяется тенденция считать, что исследования по люминесценции начались только немного ранее 1936 г.» [5].

В научном дневнике о командировке нет ничего, но косвенно влияние общения с зарубежными коллегами чувствуется на тех немногих страницах, которые заполнил Вавилов в 1935 г. (л. 1–13). (Следует иметь в виду, что параллельно С.И. вёл дневник, в котором освещались события повседневной жизни).

Насколько стимулирующим для Вавилова было общение с зарубежными коллегами видно по записи в дневнике от 1 июля 1935 г. Но кое-что нуждается в пояснении, именно пункт а). Речь идет о дискуссии Вавилова и Прингсгейма, продолжавшейся около 20 лет. В 1927 г. Вавилов экспериментально установил постоянство квантового выхода фотолюминесценции для растворов флуоресцеина в стоксовой области и резкое падение этой величины в антистоксовой области и сделал вывод об универсальности этого положения. Впоследствии закон Вавилова был под-

тверждён многими исследователями. В 1929 г. П. Прингсгейм высказал мнение, что так как люминесценция не является равновесным процессом, то энергетический выход люминесценции ρ может быть больше единицы в антистоксовой области. Вавилов отстаивал противоположную точку зрения (см. примеч. 1). В 1946 г. он обратился к Л.Д. Ландау с просьбой рассмотреть этот вопрос с точки зрения термодинамики [6]. «Ландау показал, что случаи, когда $\rho \geq 1 + T/T_{эфф}$ (условие монохроматичности нарушается) не невозможны с точки зрения термодинамики, так как отношение $T/T_{эфф}$ обычно очень мало» [7. С. 249]. Здесь T – температура тела, $T_{эфф}$ – температура чёрного излучения, в спектре которого выбранный интервал частот обладает интенсивностью, равной наибольшей интенсивности люминесценции в стоксовой области. Условие Ландау выполняется, когда ширина спектра люминесценции значительно больше ширины спектра возбуждающего излучения для возбуждения люминесценции. При этом на люминесценцию расходуется часть внутренней энергии вещества, и оно охлаждается. Такие источники появились четверть века спустя – ИК-лазеры.

Вернёмся к «Научным записям». Только дважды обращался Вавилов к этому дневнику в 1936 г. (л. 13–15). Записи 1935 г. и 1936 г. представлены полностью, исключая, естественно, зачёркнутое Вавиловым.

1937 год «занимает» 29 листов (л. 15–43): первая запись сделана 1 января, вторая – 22 июля, последняя – 30 декабря. Публикуется всё, кроме расчётов интерференционной способности различных источников (диполей и квадруполей).

Практически полностью представлены записи 1938 г. (л. 44–59), исключая расчёты и последнюю запись (от 21 августа) об устройстве светофильтра. И далее расчёты, которые занимают достаточно много места в тетради Вавилова, не приводятся.

В последующие годы Вавилов довольно регулярно вёл записи. В 1939 г. (л. 59–144) он неоднократно обращался к проблемам физиологической оптики, в частности к визуальным измерениям квантовых флуктуаций; в печати результаты этих исследований появились в 1942 г.

1940 год подробнее отражён в научных записках Вавилова (л. 144–244; начат 22 января, закончен 31 декабря). Этот год оказался для Вавилова тяжёлым: в феврале он попал в больницу, затем около месяца провёл в санатории «Барвиха» (март–апрель). Пребывание там, вне обычной суеты, способствовало тому, что он не только много размышлял над проблемами оптики, но и задумался над прожитым в науке, о результатах своей дея-

тельности. «В эти тяжёлые месяцы болезни и общего разлада переоцениваются все ценности. Сделал ли что-нибудь для науки?» И приходит к выводу, что «немного, но и неплохо. Всё сам и есть важное. Поэтому не стоит киснуть и вешать голову. Павлин не первого класса, но все же не галка. Ну а что же дальше? Это самое главное. Спускаться ли на изобретательские технические плоскости или взбираться кверху? Нужно и то, и другое» (запись от 16 марта).

1941 год (л. 245–278; начат 3 января, закончен 31 декабря) занимает 34 страницы. Вавилов уже систематически записывает подробно планы своих популярных лекций (начало этому положено в записях 1940 г.) Чрезвычайно любопытны его размышления относительно хаоса, статистичности и упорядоченности в явлениях природы (запись от 10 февраля); задумался он и о том, верна ли теория естественного отбора (запись от 9 апреля). В это время Вавилов уделяет много внимания не только принципиальным вопросам физики (что всегда ему было присуще), но и проблемам науки вообще, бытия.

На характер последующих записей накладывает отпечаток начавшаяся война. Уже 17 июля 1941 г., находясь в Ленинграде, он намечает список «писательских» работ на время эвакуации. Меняются и темы экспериментальных работ – многие из них приспособлены к потребностям военного времени. Записи, относящиеся ко второй половине 1941 г. (их всего 13), сделаны в Ленинграде (первые две), остальные – в Йошкар-Оле. В Казани, где находился в эвакуации ФИАН и куда постоянно ездил из Йошкар-Олы Вавилов, возможности уединиться у него не было. Сами записи становятся краткими.

Записи 1942 г. (л. 279–338) и 1943 г. (л. 338–382) показывают, что, несмотря на сложности военного времени, жизнь вошла в определённую колею: Вавилов, так же, как и до войны, занимался научной работой, много там подготовительных материалов для последующих публикаций, связанных в основном с люминесценцией. Показательно, что из 11 опубликованных в 1942 г. работ семь – исследования по оптике.

Что нового даёт нам знакомство с научным дневником Вавилова? Оно расширяет наше представление о нём как об учителе, создателе научной школы. Кроме того, мы узнаем о тех проблемах, которые его интересовали, но не нашли отражения в опубликованных работах. Таковы проблемы биологии, биофизики, что вполне вписывается в его образ естествоиспытателя. Он предсказал (за несколько десятилетий до его обнаружения) существование параметрического излучения (см. запись от 16 июля 1939 г., п. 4). Видно, как беспокоил

Вавилова вопрос о его месте в науке. Возможно, он сравнивал себя со старшим братом. К тому же основная область его исследований – люминесценция – сама по себе не казалась столь значительной. Вспомним в связи с этим отношение к нему П.Л. Капицы.

Передать особенности письма в печатном тексте затруднительно. То, что Вавилов подчеркивал прямой, выделено в печати полужирным шрифтом, а волнистой линией – курсивом. Иногда Вавилов сокращал слова – тогда их полная расшифровка заключалась в угловые скобки. Пропуски между записями отмечены звёздочками. Ссылки на работы Вавилова даны по его Собранию сочинений, в скобках указывается год появления в печати статьи.

В заключение считаю своим долгом поблагодарить за предоставленный научный дневник хранительницу архива С.И. Вавилова В.В. Вавилову, а Ю.И. Кривоносова – за содействие в этом. Я благодарна Б.М. Болотовскому и Ю.П. Тимофееву за ряд ценных указаний, а Г.Н. Стадничук – за помощь в подготовке рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Франк И.М.* 300 лет со дня рождения Ньютона // С.И. Вавилов: Очерки и воспоминания. 3-е изд. М.: Наука, 1991. С. 317.
2. *Вавилов С.И.* Предисловие к русскому переводу // Прингсгейм П. Флуоресценция и фосфоресценция. М.: Изд-во иностр. лит., 1951. С. 7.
3. *Болотовский Б.М.* Излучение Вавилова–Черенкова: (История открытия) // Сергей Иванович Вавилов: Новые штрихи к портрету / Авт.-сост. В.М. Березанская. М.: Физ. ин-т им. П.Н. Лебедева, 2004. С. 114–133. (К истории ФИАН. Сер. «Портреты»; Вып. 2, ч. 1).
4. *Вавилов С.И.* Об элементарных процессах излучения и поглощения света (1945) // Собр. соч. М.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 2. С. 218–237.
5. *Прингсгейм П.* Флуоресценция и фосфоресценция. М.: Изд-во иностр. лит., 1951.
6. *Ландау Л.Д.* О термодинамике фотолюминесценции (1946) // Собр. тр. М.: Наука, 1969. С. 26–31.
7. *Вавилов С.И.* Фотолюминесценция и термодинамика (1946) // Собр. соч. М., 1956. Т. 2. С. 246–251.

НАУЧНЫЕ ЗАПИСИ. 1935–1943 гг.

[1935 год]

Париж, 1 июля 1935 г. *Что интересного осталось в области флуоресценции в жидкостях?*

а) **Антистокс**¹. Если она [область] окажется просто тепловым (RT) – это высиженное яйцо, которое два раза не высидишь, но кажется мне, что это не так.

б) **Короткое и длинное**² **свечение**. Яблоньский сильно поколебал мою уверенность в не-метастабильности длинного свечения, но это требует проверки³.

с) Зависимость поляризации от длины волны возбуждающего света. Дело темное и нужна хорошая теория.

д) **Специфичность** (неразб.) **флуоресценции**. Необходимо исследовать редкие земли и свечение в парах.

е) **Зеркальное соответствие спектров**⁴. Тоже нужны опыты с простыми телами. Больше пока ничего не вижу. Со всей лабораторией еще работы года на три, но, думается, должно быть нечто и другое. Вещество в агрег[атном] состоянии, когда, в сущности, нет смысла говорить о молекулах. Но это в тумане и надо думать.

Что можно дальше делать с флуктуациями? Неужели только физиологическая оптика и астрономия?

13 июля. Париж. Физика до сих пор строится атомистически: из свойств частиц выводятся свойства целого. По существу, это не может быть верным. Целое, мир определяет свойства частиц. Между тем, результаты физики достаточно точны. Причина отчасти раскрывается волновой механикой. Частица (во всяком случае ее геометрия и кинематика) определяется «волной», то есть всем коллективом, всем миром в пределе. *Ungeuauigkeit's Relation** – выражение того, что учитывается не весь мир (например, минус наблюдатель). Проблема аддитивности (то есть атомизма) еще только проблема. Не будет ли в сложных молекулах и в жидкостях отклонений? Это – главная причина, заставляющая заниматься сложными молекулами и жидкостями. Вопрос надо основательно продумать. Это – основное в физике.

24 июля. Берлин. По поводу возражений Прингсгейма на мою классификацию явлений люминесценции⁵.

* *Ungeuauigkeit's Relation* (нем.) – соотношение неопределенности.

8 сентября. Ленинград. Темы на 1936 г.

1) Зависимость поляризации от длины волны возбуждающего свечения (для родамина). Особенно интересны длинноволновая область и очень короткие волны (большая работа).

2) Поляризация свечения нитробензола в электрическом поле.

3) Сравнение выхода фосфоресценции ураниловых солей под влиянием радиоактивного излучения и оптической радиации.

4) Количественное исследование тушения фосфоресцирующих растворов кислородом.

5) Зависимость спектров сложных молекул в газообразном состоянии от длины волны возбуждающего света (?).

6) Флуоресценция водных растворов солей эрбия (от А.Н. Филиппова).

12 сентября. Ленинград. О законах затухания при спонтанном и вынужденном излучении. В напечатанной работе⁶ предположено (implicite), что освещение мгновенное, в случае длительного освещения результаты будут иные. Найдем число возбужденных молекул к тому моменту, когда освещение прекращается. Число возбужденных молекул, образующихся за время dt :

$$\frac{E_0}{h\nu} \alpha(n_0 - n)dt = E_0(n_0 - n)dt.$$

Число молекул, выходящих из состояния возбуждения за время dt , (вследствие излучения, ударов второго рода и т.д.) при предположении экспоненциального закона (это не совсем верно)

$$-\frac{n}{\tau} dt.$$

Следовательно,

$$dn = E_0(n_0 - n)dt - \frac{n}{\tau} dt.$$

После интегрирования

$$n = \frac{n_0}{\left(1 + \frac{1}{E_0\tau}\right)} \left(1 - e^{-E_0t\left(1 + \frac{1}{E_0\tau}\right)}\right). \quad (1)$$

Если E_0 очень велико, то, очевидно,

$$n \sim n_0;$$

если E_0 мало (обычный случай)

$$n = n_0 E_0 \tau \left\{ 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right\}, \quad (2)$$

если $t \ll \tau$ при этом, то

$$n = n_0 E_0 t, \quad (3)$$

если $t \gg \tau$, то

$$n = n_0 E_0 \tau, \quad (4)$$

Но n в формулах (1), (2), (3), (4) соответствует « n_0 » в напечатанной работе. Таким образом, начальная интенсивность I_0 в напечатанной работе верна только в случае очень короткого возбуждения. В случае очень длительного возбуждения на основании формулы (4)

$$I_0 = \frac{n_0 \tau}{\tau_0}. \quad (5)$$

Здесь τ – среднее время уменьшения числа возбужденных молекул (не только вследствие излучения, но и ударов второго рода).

Вероятность выхода из строя возбужденных молекул вследствие излучения и тушения вместе:

$$\left\{ \frac{1}{\tau_0} + \frac{1}{T} \right\} \left\{ e^{-t \left(\frac{1}{\tau_0} + \frac{1}{T} \right)} \right\},$$

$$\tau_{\text{эф}} = \frac{\tau_0 T}{\tau_0 + T}.$$

И следовательно (5) имеет вид

$$I_0 = \frac{n_0 T}{\tau_0 + T}. \quad (5')$$

Таким образом в случае длительного возбуждения I_0 , вообще говоря, будет зависеть от условий тушения.

В случае вынужденного излучения положение дела иное. В прежних обозначениях напечатанной работы

$$I_0 = \frac{n_0 N}{\tau} f(c)^2.$$

« τ » в этом случае средняя длительность метастабильного высвечивания, зависящая очевидно от температуры и, может

быть, вязкости, обозначим его через « θ ». Тогда в случае краткого возбуждения $\tau \ll \theta$ получим

$$I_0 = \frac{n_0 N}{\theta} f(c). \quad (6)$$

В случае длительного:

$$I_0 = \frac{n_0 N \tau}{\theta} f(c). \quad (7)$$

Соображения интересны потому, что в случае спонтанного излучения при длительном возбуждении из вариаций I_0 можно определить, как видно из (5'), отношение $\frac{\tau_0}{T}$, а в случае метастабильности $\frac{\theta}{T}$. В связи с этим тема на 1936 г.

7) Исследование законов затухания растворов ураниловых солей при длительном и коротком возбуждении⁸.

21 сентября. Ленинград. Если при спонтанном процессе сделаны два измерения (например, при разных концентрациях, или разных температурах, соответственно разным значениям $T \dots T_1, T_2$, то из опыта найдем

$$I_{01} = k \frac{n_{01} T_1}{\tau_0 + T_1}, \quad (1)$$

$$I_{02} = k \frac{n_{02} T_2}{\tau_0 + T_2} \quad (2)$$

и показатели

$$\tau_1 = \frac{\tau_0 T_1}{\tau_0 + T_1}, \quad (3)$$

$$\tau_2 = \frac{\tau_0 T_2}{\tau_0 + T_2}. \quad (4)$$

Из (1) и (2)

$$\frac{I_{01}}{I_{02}} = \frac{n_{01}}{n_{02}} \frac{\frac{T_1}{\tau_0 + T_1}}{\frac{T_2}{\tau_0 + T_2}} = \frac{n_{01}}{n_{02}} \frac{T_1}{T_2} \frac{(\tau_0 + T_2)}{(\tau_0 + T_1)}. \quad (5)$$

Из (3)

$$\tau_1 \tau_0 + \tau_1 T_1 = \tau_0 T_1, \quad T_1(\tau_0 - \tau_1) = \tau \tau_1,$$

$$T_1 = \frac{\tau\tau_1}{\tau_0 - \tau_1}. \quad (6)$$

Из (4)

$$T_2 = \frac{\tau\tau_2}{\tau_0 - \tau_2}. \quad (7)$$

Подставляя (6) и (7) в (5), находим

$$\frac{\tau_2}{\tau_1} = A. \text{ Тождество.}$$

28 октября. Лен[инград]. Ф. Перрен пытается в своей диссертации (стр. 26)⁹ дать чрезвычайно общий вывод пропорциональности между выходом флуоресценции и τ . Его рассуждение: пусть в начальный момент возбуждено за время dt N_0 молекул, в момент t пусть остается N молекул. За время от t до $t + dt$ на $-dN$ дезактивирующихся молекул $NAdt$ будут излучать. По Перрену в общем случае выход

$$\rho = \frac{\int_0^{\infty} NAdt}{-\int_0^{\infty} dN} = \frac{A}{N_0} \int_0^{\infty} Ndt \quad (1)$$

и

$$\tau = \frac{-\int_0^{\infty} tdN}{-\int_0^{\infty} dN} = -\frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} tdN. \quad (2)$$

Формула (2) в общем случае, однако, не верна. В формуле (1) N_0 — действ[ительно] все число молекул, поглотивших за dt , в формуле (2) это — только молекулы, переходящие из возб[ужденного] сост[ояния] в невозбужденное. Вообще говоря, некоторая доля α молекул будет поглощать, но не возбуждаться (нахождение внутри сферы действия, коагуляция, химич[еское] связывание). α может зависеть и от времени. Поэтому (2) следует заменить формулой

$$\tau = \frac{-\int_0^{\infty} tdN}{(1-\alpha)N_0}. \quad (2')$$

$\alpha = 0$ только в том случае, когда возб[ужденная] молекула тушится со временем и когда встреча другой молекулы с невозбужденной не выводит ее еще из строя.

Поступая, как у Перрена, т.е. интегрируя по частям и замечая, что произведение $Nt = 0$ для $t = 0$ и для $t = \infty$, имеем из (2')

Fluoreszein в воде

$c \cdot 10^3 \frac{g}{cm^3}$	$\tau \cdot 10^9$	$\frac{L_0}{L}$	$\tau \times \frac{L_0}{L}$	$\frac{\tau}{\tau_0} \times \frac{L_0}{L}$	$\log \frac{\tau}{\tau_0} \cdot \frac{L_0}{L}$	$\frac{\log}{c}$
0,175	5,07	1,00	5,07	1,00	0,000	
0,66	5,07	1,04	5,30	1,04	0,017	0,025
1,57	4,6	1,45	6,70	1,12	0,049	0,031
2,00	3,87	1,76	6,80	1,34	0,133	0,061
2,82	3,26	2,57	8,40	1,66	0,220	0,078
4,6	1,73	5,56	9,60	1,90	0,279	0,061
6,8	0,73	13,9	10,05	2,00	0,301	0,044

Fluoreszein в этилалк[оголе]

c	τ	$\frac{L_0}{L}$	$\tau \cdot \frac{L_0}{L}$
2,1	5,07	1,00	5,07
7,0	3,87	1,47	5,70
11,0	2,13	2,29	4,78
16,6	1,2	4,76	5,70
23,0	0,67	9,1	6,10

Fl[uoreszein] в изобут[ил]алк[оголе]

c	τ	$\frac{L_0}{L}$	$\frac{\tau_0}{\tau}$	$\frac{L_0}{L} \cdot \frac{\tau}{\tau_0}$	$\sim \log \frac{L_0}{L} \cdot \frac{\tau}{\tau_0}$
0,37	$5,07 \cdot 10^9$	1,02	1,00	1,02	3,009
4,47	3,87	1,19	1,34	0,89	2,949
6,0	3,33	1,73	1,52	1,14	3,057
7,4	2,6	2,22	1,95	1,13	3,053
9,0	2,13	3,23	2,38	0,73	2,863
10,9	1,87	4,87	2,71	0,55	2,740

Fluoreszein в глицерине

0,115	5,13	1,02	1,00	1,02
0,36	5,13	1,00	1,00	1,00
4,6	3,67	1,51	1,4	1,08
6,9	3,2	1,93	1,6	1,21
9,0	2,67	2,5	1,92	1,30
12,4	1,2	3,85	4,27	0,90

Точность настолько плохая, что выводов никаких сделать нельзя.

Rhodamin B extra в метил спирале

$$c \cdot 10^8 \frac{g}{cm^3}$$

4,00	2,4	1,00	1,00	1,00
4,7	1,8	1,24	1,33	0,93
11,4	1,2	2,0	2,0	1,00
16,0	0,8	2,78	3,0	0,92
21,5	0,6	4,35	4,0	1,08

Rhodam[in] B extra в глицерине

0,04	4,73	1,0
0,19	4,73	1,0
1,9	4,6	1,03
2,42	3,6	1,31
4,85	2,33	2,03

Вывод: в пределах ошибок параллелизм τ и L .

$$\tau = \frac{1}{(1 - \alpha)N_0} \int_0^{\infty} N dt.$$

Или

$$\frac{\rho}{\tau} = A(1 - \alpha). \quad (3)$$

α может быть функцией времени, концентрации и прочего.

$\alpha = 0$ только для ударов второго рода.

29 октября. Л[енинград]. Значения τ при конц[ентрационном] тушении по Szymanowskiemu Zs. f. Phys 95, 460, 1935¹⁰.

1 ноября. Л[енинград].

Нужно вернуться к урановым солям, там еще много неясно:

1) Нужно посмотреть поляризацию при очень малых концентрациях (неприятна очистка серной кислоты).

2) Тушение (конц[ентрационное]) при очень малых концентрациях методом гашения.

3) τ при конц[ентрационном] тушении при слабых интенсивностях (нужно выдумать фосфорослой).

4) Спектры расплавленных солей.

5) Ур[аниловые] соли в мочеvine.

К усовершенствованию метода гашения¹¹.

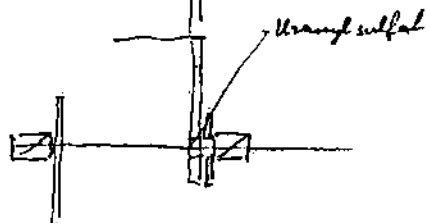
Для уточнения установки полезно ввести медленно (напр[имер], раз в секунду) вращающийся сектор. Помимо исчезновения зрительного впечатления при этом будет еще индикатор – исчезновение мельканий (сектор достаточно самый примитивный, с

часовым механизмом). С редкими мельканиями принцип гашения, вероятно, удастся также комбинировать с методом сравнения с эталоном.

24 ноября. Л[енинград].

Проект фотометра, соединяющий принцип гашения и сравнения.

24 ноября об. Проект фотометра, соединяющий принцип гашения и сравнения¹³



1936 г.

30 марта об. Схема для измерения ...

1936 г.

24 июля¹². Бати-Лиман¹³. Насколько рациональна интерференционная фотометрия?

$$\int \left[a_1 \cos \omega \left(t + \frac{r_1 \lambda}{c} \right) + a_2 \cos \omega \left(t + \frac{r_2 \lambda}{c} \right) \right]^2$$

$$a_2 = a_1 + \Delta a_1.$$

Посмотреть Madelung'a¹⁴.

Наложить интерференционную картину на эталонную!



$$\int \left[a_1 \cos \omega \left(t + \frac{r_1 \lambda}{c} \right) + a_2 \cos \omega \left(t + \frac{r_2 \lambda}{c} \right) \right]^2$$

$$a_2 = a_1 + \Delta a_1,$$

смотри Madelung'a

I.

- 1) Малопопулярное свойство света (мал[ое] теор[етическое] знание и узкий круг применений).
- 2) Опыт с рассеянием естеств[енного] света.
- 3) Опыт с рассеянием поляризов[анного] света.
- 4) Виды поляризации света (опыты с резиновой трубкой, стержня).
- 5) Опыты Вав[илова] и Брумб[ерга] (осуш[ествлены?] с интерф[ерометром] Жамена).
- 6) Поляризованные источники света
- 7) Поляризация при отражении.

и ее применения

- 1) Мало популярное свойство света (мал. теор. знание и узкий круг применений)
- 2) Опыт с рассеянием естественного света
- 3) Опыт с рассеянием поляризованного света
- 4) Виды поляризации света (опыты с рез. трубкой, стержнем)
- 5) Опыты Вав. и Брумб. (осуш. с интерф. Жамена)



- 8) Поляризация при двойном преломлении.
- 9) Хроматические явления.

II.

Приложения

- 1) Исследование кристаллов (в сход[ящемся] свете).
 - 2) Упругие натяжения.
 - 3) Применения поляроида.
 - 4) Сигнализация.
 - 5) Эффект Керра.
 - 6) Вращ[ение] плоскости поляризации.
- Лекция Люминесцентный анализ.**
- 1) Определение люминесценции.
 - 2) Виды свечения: а) спонтанное; б) вынужд[енное] метастабильное; в) рекомбинационное; г) тормозное.
 - 3) Практическое определение л[юминесцентного] а[нализа] фотолюминесценции.
 - 4) Закон Стокса. Чувствительность глаза.

1937 г.

1 января. Концентрац[ионное] тушение и деполяризация при повышении концентрации – основная тема на год.

Опыты.

a) Измерения кривой конц[ентрационного] тушения при изменении τ (тушением посторонними веществами).

b) Измерения кривой деполяризации новым методом (градуировочной кривой).

c) Измерения выхода флуоресценции при низких температурах (в связи с опытами Стам'а¹⁵).

d) Измерения деполяризации (в области большой вязкости) при уменьшенном τ .

Бати-Лимац. 22 июля.

Основное

1) Продолжить флуктуации. Энергетическое определение порога и его же определение по флуктуациям.

2) Анализ понятия элем[ентарной] частицы. Его ограниченность. (Частицы могут быть любых размеров (кванты), но начиная с определенной энергии $> 2mc^2$ образование устойчивых частиц-электронов в подходящих условиях (сильные поля). Не являются ли ливни образованием таких устойчивых частиц из фотонов или частиц с энергией $> mpc^2$. Не будет ли происходить образование протонов или нейтронов из космических фотонов?).

Физич[еское]

1) Концент[рационная] деполяризация. Влияние на нее величины τ (путем тушения посторонними веществами). Бывает ли деполяризация при отсутствии конц[ентрационного] тушения и обратно?

2) Конц[ентрационное] тушение. Влияние τ (путем тушения посторонними веществами).

3) Теория конц[ентрационного] тушения и деполяризации.

4) Сольватные оболочки и вязкость, определение поляризации флуоресценции. Зависимость предельной поляризации от разных факторов.

5) Точное определение закона затухания (отклонение от показательного закона).

Бати-Лиман. 23 июля.

Продолжение.

6) Флуоресценция хлорофилла в связи с механизмом осцилляции.

Практическое.

1) Определение содержания кислорода в растворах по яркости длительного свечения.

2) Исследование процесса кристаллизации ураниловых солей в фосфоресценц-микроскопе.

Бати-Лиман. 25 июля.

(Продолжение)

3) Борьба с дымкой (если дымка вызывается самим же освещающим прибором, например прожектором, то принципиально от нее можно освободиться, основываясь на разности времени прихода света от интересующего предмета и частиц рассеивающего тумана. От дымки, вызываемой посторонним освещением,

цели предмета и тумана: от дымки вызываемой освещением



освещения лампы освещает в кратковременные вспышки. Но как освободиться от дымки?

легко освободиться кратковременными вспышками. Но разрешима ли радикально задача о дымке, вызываемой самим наблюдаемым предметом (например, Солнце и лазурь)?

Бати-Лиман. 28 июля.

Книги:

- 1) Переиздание «Глаз и Солнце»¹⁶.
- 2) «Интерференция»¹⁷.
- 3) Люминесцентный анализ¹⁸.
- 4) Монография о флуоресценции в растворах¹⁹.
- 5) Биография Ньютона (?)²⁰.

Бати-Лиман. 29 июля.

За время прибывания в Б[ати]-Л[имане] написал:

- 1) Статью относительно Миткевича²¹.
- 2) Описание метода определения ист[инной] поляриза[ции]²².
- 3) Изложение опытов Глухова²³.
- 4) Разобрал работу Севченко, выяснил ее неудовлетворительность.
- 5) Подготовил новое издание «Глаз и Солнце».
- 6) Прочел биографию Ньютона More'a²⁴.

Лгр. 12 сентября.

План монографии о флуоресценции растворов.

- 1) Предисловие (подчеркнуть выборочность данных).
- 2) **Истор[ический] очерк** (с обоснованием, почему вначале ничего не выходило).
- 3) **Классификация люминесценции.** а) Фл[уоресценция] и фосф[оресценция]. б) Молекул[ярные] процессы. с) Электр[ические] процессы.
- 4) Длительность свечения и его измерение (фосфороскопия).
- 5) **Выход.** а) Абсол[ютный] выход. б) Зав[исимость] от длины волны. с) Пост[оянные] примеси. д) Конц[ентрационное] тушение. е) Тушение растворителем.
- 6) **Поляризация.**
- 7) **Спектроскопия.**
- 8) **Заключение. Перспективы.**
- 9) **Приложения.**

Вывод закона Стокса? Объяснение зависимости поляризации от λ .

20 ноября. Лгр.

Переменяющаяся фаза у последовательных потоков излучения квадруполь вполне качественно объясняет необыкновенный ход когерентной способности и поляризации у квадруполь.

- 1) **Малые углы.** До пределов примерно 60° будут превалировать обыкновенные интерфер[ирующие] пучки из области одного потока, но по мере увеличения угла будут примешиваться ког[ерентные] лучи из соседних потоков (т.е. с противополож[ными] фазами). Поэтому ког[ерентная] способность должна убывать, приближаясь к нулю и затем обращаясь в отриц[ательную].

... средние углы ...
 Главных пучков и соседних квадратов
 пучки в центре кажутся обходящими
 необходимым ход квадратов
 той соседности и квадратов
 между у квадратов пучков
 1) Малые углы до прямого
 угла 90° будут проявлять
 обилие интерференц. пучков и обилие
 одного пучка по ко. мере увеличения

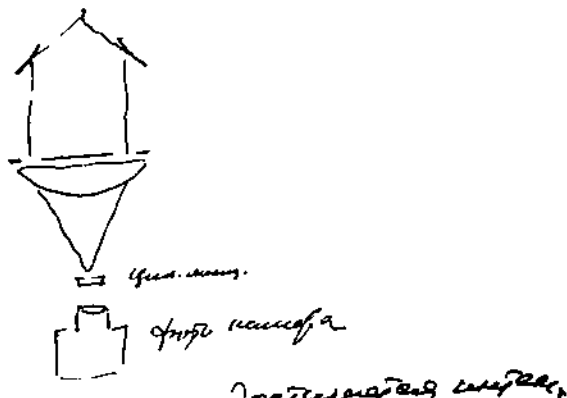
- 2) **Средние углы.** Преимущественно интерферируют лучи из соседних пучков.
- 3) **Большие углы.** Опять начинается интерференция однофазных пучков (противоположных), отрицательная когерентная способность начинает убывать.

[1938 г.]

4 марта. Лгр.

Осуществление интерференционного опыта с квадрупольным излучением:

- 1) Источник - стеклянный волосок из уранового стекла или самариевого стекла толщиной $\sim 0,5 \mu$.
- 2) Установка примерно такого вида.



- 3) Свечение волоска достигается интенсивным [ультрафиолетовым] освещением.
- 4) Для дипольного света при той же установке волосок будет освещаться посторонним источником (рассеянный свет).

12 мая. Лгр.

Почему получается расхождение между флуорометрическими опытами Тумермана и определениями τ по поляризации и тушению?

Предположим, что после поглощения фотона равновесие устанавливается не сразу, а через некоторое время t , причем за этот промежуток времени тушения не происходит. Если длительность возбужденного состояния τ , то для поляризации

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_0} + \left(\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{3} \right) (\tau + t) \frac{RT}{v\eta}. \quad (1)$$

Полагая, что $\tau = \frac{\rho}{\rho_0} \tau_0$,

$$\tau = \frac{\rho}{\rho_0} \tau_0.$$

Имеем

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_0} + \left(\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{3} \right) t \frac{RT}{v\eta} + \left(\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{3} \right) \frac{RT}{v\eta} \frac{\rho}{\rho_0} \tau_0.$$

При графическом изображении наклон прямых будет такой же, разница в нулевом значении.

Вычислим порядок величины

$$\left(\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{3} \right) t \frac{RT}{v\eta}$$

для флуоресцеина в воде

$$t \sim 7 \cdot 10^{-10} \quad R = 8,32 \cdot 10^7 \quad T = 273$$

$$v = 5 \cdot 10^2 \quad \eta = 1,8 \cdot 10^{-2}$$

Как должно меняться нулевое значение

$$r = \frac{\left(\frac{1}{p_0} - \frac{1}{3}\right) t \frac{RT}{v\eta}}{\frac{1}{p_0}} = \left(1 - \frac{p_0}{3}\right) t \frac{RT}{v\eta}$$

Предположим $p_0 \sim 0,5$.

Тогда $r = 0,84 \cdot 1,94 = 1,63!!!$

Это явно противоречит опыту.

Замечательно, что тушение, определяемое только τ , от t не должно зависеть.

Качественно гипотеза объясняет все «факты», количественно же опровергается.

27 июля. Бати-Лиман.

Способ наблюдения солнечной короны вне затмений.

1) В части короны, примыкающей к солнечному диску, линии Фраунгофера отсутствуют. 2) В рассеянном свете неба имеются сильные D-Фраунгоферовы линии натрия. 3) Поэтому, если наблюдать Солнце через фильтр, пропускающий только D линии, то, вообще говоря, можно видеть корону в натровом свете.

Практическим фильтром может служить трубка с парами Na между скрещенными николями (или поляроидами) в магнитном поле (Фарадей-эффект).

Прямой солнечный свет (днем) придется, конечно, загородить экраном.

Успешность предприятия зависит от степени темноты линии Фраунгофера.

Испробовать метод стоит: тот же метод применим принципиально и в других частях спектра, особенно в инфракрасной.

29 июля. Бати-Лиман. *Люминесцентный световой эталон.* Нужно использовать

1) независимость спектра возбуждения от возбуждающего кванта,

2) насыщение при большом количестве возбуждающих квантов. Практически: разрядная трубка большой мощности с фосфором очень длительного свечения и без мгновенного свечения. Свойства такого эталона: независимость абсолютной излучаемой энергии и ее спектрального распределения от электрического режима в широких пределах.

2 августа, Б[ати]-Л[иман].

Следует изучить свечение, возникающее при прохождении быстрых электронов (скорость больше фазовой скорости света) в

анизотропных кристаллах, напр[имер], исландском шпате, или селитре. Картина с теоретической точки зрения сложная²⁵. Во-первых, возникновение. Если предельная скорость соответствует меньшему показателю преломления, то возникающее свечение будет какого-то малопонятного вида. Разумеется, дв[ойное] преломление при распространении в среде появится, но оно будет осложняться процессами, связанными с происхождением излучения.

2 августа. Б[ати]-Л[иман].

Практические задачи по люминесценции.

1) Приспособление для превращения Воопп'ского биол[огического] микроскопа в люм[инесцентный] микроскоп.

2) Разработка фосфоресценц-микроскопа.

3) Хим[ическая] обработка поверхности опт[ического] стекла, превращ[ающая] поверхность в специфически флуоресцирующую.

4) Изучение процесса цементирования по яркости Cement-Phosphore.

5) Контроль дистилляции воды.

6) Световой микро-эталон (использование собственного свечения Uranyl-Kalium Sulphat под влиянием внутренней радиоактивности).

7) Люминесцентные часы (для фотографических и прочих целей).

8) Катодолюминесцентный анализ в приложении к опт[ическому] стеклу и другим объектам.

9) Оптический пирометр на принципе люминесценции (возбуждение двумя длинами волн, лучами в ультрафиолете).

10) Попытка возбуждения видимого света и[нфра]к[расными] лучами в окрашенных кристаллах, предварительно возбужденных ультрафиолетовым светом.

4 августа. Б[ати]-Л[иман].

В 1938 году нужно написать:

1) О числе фотонов, определяемых энергетически и методом флуктуаций (для Д.А.Н.).

2) О броуновском движении (для «Природы»).

3) Перспективы люминесцентного анализа (Изв[естия] АН).

4) Вводную часть книги «Методы л[юминесцентного] а[нализа]».

5) Выполнить перевод «Lectioes opticae» Ньютона с примечаниями²⁶.

Обязательна экспериментальная работа.

В ГОИ ежедневно осмотр одной лаборатории.

Темы по люминесценции теоретического характера:

- 1) Зависимость концент[рационного] тушения от τ .
- 2) Зависимость концент[рационной] деполяризации от τ .
- 3) Сольватные оболочки и явления тушения.
- 4) Нарушение экспоненциального закона при тушении.
- 5) Интерференционные явления в мультиплетах.
- 6) Эффект Стат'а.
- 7) Природа длительного свечения в твердых растворах эскулина в сахаре (измерение абсолютного значения поглощения, соответствующего длит[ельному] свечению).
- 8) Проверка моей теории вязкости на флуоресценции.

Необходимо систематически каждый день писать

5 августа. Б[ати]-Л[иман].

Должно быть написано (когда?):

- 1) Флуоресценция растворов.
- 1) Люминесцентный анализ.
- 2) Оптические работы Ньютона.
- 3) Очерки интерференции света.
- 4) История фотометрии²⁷.
- 5) Сборник по истории науки.
- 6) Мемуары.
- 7) Действия света (?)²⁸.
- 8) Биография Ньютона.
(Большой дождь 2 1/2 часа!)

6 августа. Б[ати]-Л[иман].

Еще раз:

- 1) Необходима личная экспериментальная работа.
- 1) Необходимо ежедневное писание.

Атомное ядро²⁹. Нет ли в радиоактивном процессе выделения малых квантов (неучтенные микро-эффекты).

Для наблюдения необходимо освободиться от оптического свечения, вызываемого фосфоресценцией кристаллов соли, и от свечения, возбуждаемого при прохождении сверхбыстрых электронов.

Нужно: 1) снять полный (до далекого ультраф[иолета]) спектр свечения радия.

2) Тот же спектр при возбуждении той же радиоактивной соли коротковолновым ультраф[иолетом] (через светофильтр).

Собрать литературу о свечении радия.

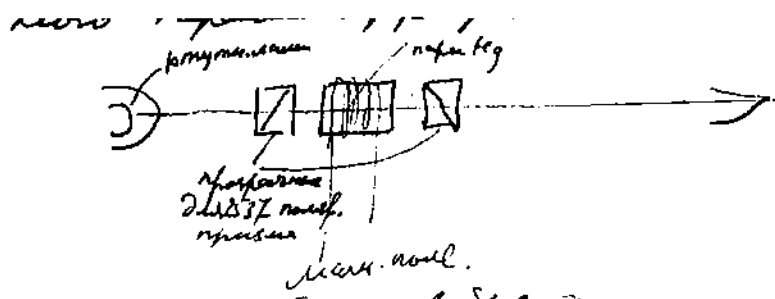
15 августа. Ленинград.

Нужно бы произвести опыт по выяснению анизотропии молекул Родамина В (подсказан соображениями Никитина).

Желатиновая, или целлофановая пленка родамина под действием света выцветает. При освещении поляризованным светом в результате выцветания среда должна стать анизотропной, должен появиться дихроизм. Как будут действовать различные длины волн? Будет ли обращение знака дихроизма? Это существенно для всей серии опытов по зависимости пред[ельной] поляризации от длины волны возб[уждающего] света.

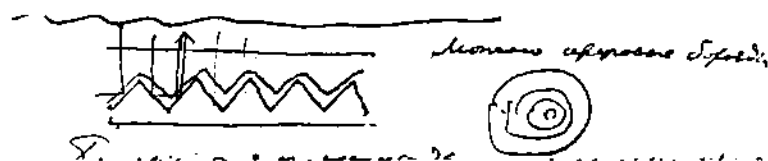
21 авг[уста]. Лгр.

Светофильтр для резонансной линии ртути. Использование аномального Фарадей-эффекта в парах ртути.



Следовало бы попробовать.

Видоизменение фильтра на принципе полного внутр[еннего] отражения.



Большая площадь, но, конечно, много рассеянного света / Отливка из пластмассы.

Об анизотропии в поглощении при фотолюминесценции. Такая анизотропия (при условии анизотропных поглощающих молекул) необходимо должна существовать, ее значение будет

функцией τ . Также как по изменению поглощения при флуоресценции принципиально возможно измерить τ , также это возможно и по анизотропии. Но последняя значительно более чувствительный признак. Нужно произвести приблизительные подсчеты.

1939 [год]

20 янв[аря]. Лгр.

Радиolumинесценция. Радиolumинесценцимикроскоп. Статическая модель.

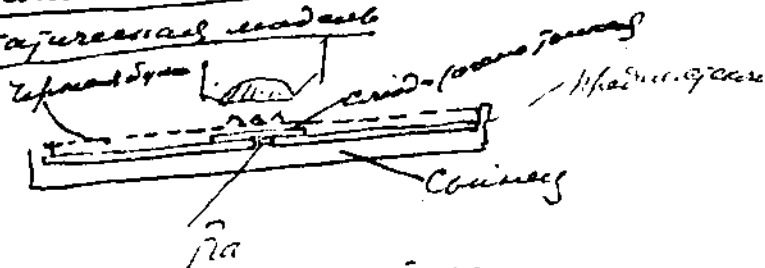
подсчетов.

1939

20 янв. Лгр. Радиolumинесценция.

Радиolumинесценцимикроскоп.

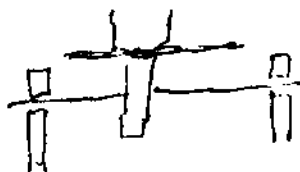
Статическая модель



Фосфороскопическая модель



связанный блок



Фосфороскопическая модель.

Исследование природы радиolumинесценции в Ленардовских фосфорах³⁰.

1) Сравнение законов затухания при возбуждении: а) светом, б) γ -лучами, с) α -лучами.

2) Зависимость выхода от размеров кристаллов в случае α -излучателя.

3) Исследование спектра свечения бром-радия.

5 февраля. Лгр.

План книги «Методы люминесцентного анализа».

1. Предисловие: (Кратк[ая] характеристика совр[еменного] состояния л[юминесцентного] а[нализа] и основных книг по л[юминесцентному] а[нализу]. Недостатки этих книг. Особенность нашей книги, ее план.)

2. Часть 1. Физические основы учения о люминесценции:

Глава 1. Способы возбуждения света.

§ 1. Типы элементарных излучателей и свойства излучения.

§ 2. Возбуждение светом.

§ 3. Корпускулярное возбуждение.

§ 4. Возбуждение при хим[ических] процессах.

§ 5. Температурное излучение.

§ 6. Л[юминесцентный] а[нализ] как часть спектр[ального] анализа (определение л[юминесцентного] а[нализа]).

Глава 2. Люминесценция атомарных и молекулярных газов.

§ 1. Резонансное излучение.

§ 2. Флуоресценция красок и атома.

Глава 3. Люминесценция жидких и твердых тел.

§ 1. Классификация.

§ 3. Выход флуоресценции растворов.

§ 4. Поляризация.

§ 5. Хим[ическое] строение и выход [люминесценции].

Глава 4. Ленардовские фосфоры.

Глава 5. Применения люминесценции.

Часть 2. Методы л[юминесцентного] а[нализа].

Глава 1. Источники света.

Глава 2. Спектральные методы.

Глава 3. Фотометрия.

Глава 4. Поляриметрия.

Глава 5. Фосфороскопия.

Глава 6. Л[юминесценц]-микроскопия.

Часть 3. Качественный л[юминесцентный] а[нализ].

Часть 4. Количественный л[юминесцентный] а[нализ].

Таблицы.

1 июля. Ленинград.

План работы на отпуск.

1) Обработать «флуктуации» для статьи.

2) Начерно написать «Введение в люм[инесцентный] анализ».

3) Обдумать вопрос о конц[ентрационной] депол[ярзации] и тушении.

4) Составление планов работ.

5) Редакция книги Эйнштейна³¹.

9 июля. Алибек³².

О дальнейших опытах по флуктуациям. Вижу, что до сего времени относился к флуктуациям слишком невнимательно и небрежно. На самом деле здесь, во-первых, еще остаются очень интересные физические задачи, во-вторых, много можно помочь физиологической оптике, и третье, самое скверное, не считаю прежние опыты вполне доказательными.

Надо: 1) Провести новую большую серию по крайней мере с 5 наблюдателями по зависимости флуктуаций от λ (с монохроматором) и с энергетическими измерениями хотя бы для одной (зеленой) волны).

2) Сделать более мелкие ступени для изменения интенсивности (понижением коэффициента отражения стекол).

3) Улучшив статистику (большее число прохождений).

4) Попробовать перемежающиеся разноцветные точки. Это нелег(к)о, но сделать можно.

5) Интересен опыт с поляризованным светом (как будто бы флуктуации, связанные с поглощением, в этом случае должны быть иными), что следует подвычислить.

6) Обязательная проверка внутренней статистики.

7) На работу придется посадить аспиранта.

Следует дать аспирантскую тему «Фотометрический метод гашения», как следует разработав этот вопрос, закончив хорошим прибором.

10 июля. Алибек.

Остающиеся и новые темы по оптике.

1) *Зависимость предельной поляризации от длины волны возбуждающего света.*

а) Проверка по возможно широкому интервалу длин волн (Родамин от 6000 Å до 1500 Å).

б) Сравнение в отношении этой зависимости длинного и короткого свечения (например, для случая родулина в леденце).

в) Проверка зависимости при укороченном (посредством тушения) τ .

г) Сравнение со спектрами поглощения.

д) Опыты с ориентированными молекулами.

е) Сравнение с эффектом Вейгерта³³.

Это большая и интересная тема, за которую, пожалуй, следовало бы взяться самому.

2) *Интерференционная способность квадрупольного излучения (опыты с тербием, самарием, урановыми солями).*

Опыт трудный и следует его тщательно продумать.

3) *Отклонения от экспоненциального закона затухания флуоресценции в потушенных растворах.*

4) *Продолжение опытов с концентрационным тушением.*

а) Попытка замены однородного тушителя посторонними молекулами (по признаку совпадения полос абсорбции).

б) Новые измерения при сокращенном τ .

в) Параллелизм τ и тушения (на установке Тумермана).

г) Зависимость кон[центрационного] тушения от длины волны возбуждающего света.

д) Зависимость к[онцентрационного] т[ушения] от растворителя.

е) Опыты с к[онцентрационным] т[ушением] в очень тонких пленках $<\lambda$ (ограничение трансфера в третьем измерении) и в очень мелкодисперсных эмульсиях.

5) *Выход флуоресценции и хим[ическая] структура молекул. Влияние растворителя. (В первой стадии тема гл[авным] образом литературная, а затем и экспериментальная.)*

6) *Выяснение причин сокращения выхода флуоресценции растворов самария по сравнению со стеклом. (Как к этому приступить, еще не знаю.)*

7) *Изучение собственного свечения (под влиянием собственной радиоактивности) $Uranyl-Kalium-Sulphat'$ a.*

а) Сравнение различных образцов.

б) возбуждение α -лучами от постороннего источника.

с) возбуждение γ -лучами.

д) эталонирование.

8) *Сравнение затухания ленардовских фосфоров под действием α , β и γ лучей, а также сравнение выходов.*

9) *Доказать на опыте независимость скорости света от движения источника (на установке Тумермана).*

Думаю, что это вполне осуществимо.

11 июля. Алибек.

Практические оптические темы.

1) Подсчитать рациональность применения больших поверхностей с нанесенными долговсвечивающимися фосфорами, заряжающимися дневным солнечным светом (учитывая возможность термолюминесценции). Впрочем, насколько знаю, толку от этого до сих пор получалось мало (окрашенные дома, вывески и пр.), но

подсчитать раз и навсегда следовало бы. Это может оказаться существенным для освещения аэродромов. Но дело кажется очень сомнительным.

2) *Люминесцентный фото-экспонетр*. Думаю, можно построить очень простенькую дешевую и удобную машинку с флуоресцирующим веществом, черным стеклом и люминесцирующей шкалой (с самосветящимися составами). Конструктивная задача несложная. Неудобство – необходимость пользоваться самосветящимися веществами. Можно также воспользоваться[ся] практическим временем затухания (при постоянном возбуждении). Но здесь неприятна адаптация. Поэкспериментировать следовало бы. Может быть полезно сравнить со средней начальной интенсивностью возбуждающей (конечно, ослабленной).

12 июля. Алибек.

(Продолжение)

3) *Использование способа Брумберга для авиационной фотографии*:

3 снимка: в инфракрасной области спектра; в видимой, в ультрафиолетовой ахроматизированным объективом и затем совместное проектирование. Для демаскировочных целей это может иметь большое значение. Интересно также произвести трехцветным способом (в инфракрасной, ультрафиолетовой и видимой области) астрономические снимки планет.

4) *Опыты по ращению большого кристалла уранил-калий-сульфата* как эталона.

Если в виде большой сравнительно пластинки, то стороны нужно посеребрить. Думаю, таким образом можно получить сравнительно большие яркости.

13 июля. Алибек.

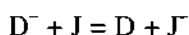
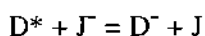
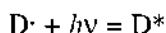
Нерешенные задачи.

1) Люминесцентная цветная фотография (на первый взгляд заманчиво: одной λ можно возбуждать в смеси люминесцентных веществ разные цвета, с другой – различными λ в одном и том же веществе один и тот же цвет – однако пока ни до чего не додумался).

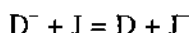
2) *Устранение небесной лазури и возможность наблюдения звезд днем*. (Кроме старого моего, в принципе верного, способа наблюдения через очень узкий фильтр в области одной из очень темных линий Фраунгофера, ничего не придумал.)

Прочел сегодня статью Weiss'a в дискуссии Faraday Society³⁴ о механизме тушения, по мнению Weiss'a, сводящемуся к химии.

Weiss пишет, например, для тушения KJ



Это, конечно, не исключено, но подлежит проверке, важна вероятность, т.е. длительность последнего звена. Weiss описывает опыты с эозином + KJ в растворе, при которых будто бы при освещении сильным боковым светом происходило заметное ослабление абсорбции. [В] опыты не очень верю. Можно придумать опыты, во всяком случае, устанавливающие длительность последнего процесса.



14 июля. Алибек.

Фарадеевская дискуссия по вопросу о люм[инесценции] жидкостей главным образом сосредоточена на вопросе о механизме тушения. Думаю, что самое существенное сделано мною (удалось найти эмпирические признаки разделения процессов тушения первого и второго рода)³⁵, но пора перейти и к вопросу о механизме. На дискуссии конкретное предложено только Weiss'ом, остальное «криво-потенциальная» болтовня.

Эмпирически вопрос придется прежде всего решать о *времени*, протекающим между моментом возбуждения и возвращением в нормальное состояние потушенной молекулы. Старый метод, примененный мною лет 15 тому назад (и повторенный Weiss'ом и Рабиновичем), по-видимому, дает возможность определить (по изменению абсорбции) время затягивания порядка 10^{-3} сек (едва ли меньше).

Экспериментировать по этому вопросу можно много и с толком. Полезно, пожалуй, предложить Свешникову эту тему для докторской диссертации³⁶.

15 июля. Алибек.

Есть ли смысл ставить вопрос об остающемся принципиально интересном в физике? Обыкновенно ответ при самом тщательном выжимании из себя и других получается трафаретный и скудоумный, потому что новое возникает непредвиденными путями скачков опытов и мыслей (радиоактивность, теория Бора, относительность), а тем не менее вопрос необходимо ставить! Нельзя же, став случайно на перво-попавшиеся рельсы (оптики общее, люминесценции более частно), катиться по ним *ad finem*.

Итак, какие же пути есть, очевидны, пути большущие, по которым многие толпятся:

1) Ядро, космические лучи, новые элементарные частицы, свойства частиц при скоростях, близких к скорости света.

2) Свойства вещества при t° близкой к абсолютному нулю.

3) Сложные молекулы (простота сложного).

4) Агрегатные состояния: кристаллы, жидкость.

5) Астрофизика: проблема громадных скоплений вещества, космология.

6) Проблема света (фотоны, флуктуации, образование пар, квантовая электродинамика и пр.).

7) Основные биофизические задачи (зачатки живого в простейшем).

На сегодняшний день как будто бы это и все большое и принципиальное. Остальное мелочи: (полупроводники, фотоэлектричество, люминесценция, фотохимия, акустика всяких видов, газовые разряды, магнетизм, диэлектрики, строение молекул, проблемы химической физики etc).

Куда тянет. Главным образом к 6) и 7), но путей немного.

Живое. Какие свойства? Как будто бы размножение, спонтанность и тенденция к самосохранению. Все это в известной мере есть у электрона. Электронов много. Из чего они «вывелись» не знаю, но они похожи до полной заменяемости. Спонтанность – *Ungenauigkeit's Relation*, самосохранение – удивительная сохранность (только образование фотона из столкновения отриц[ательного] и полож[ительного] электрона – смерть электрона). Надо попробовать перейти от электрона к живому. Но какой эксперимент? Свет:? флуктуации, пары. Чем занимаюсь. Но в конце концов все грустно, потому что не конкретно.

16 июля. Алибек.

О черенковском излучении.

1) Для проверки независимости скорости света от движения источника как будто бы стоит произвести опыт с черенковским излучением. Здесь скорость источника близка к скорости света и поэтому опыт может оказаться простым и доказательным. Мешает, конечно, очень малая интенсивность излучения.

2) Не мешало бы произвести опыт с быстрыми электронами (со скоростью $> \frac{c}{n}$) в урановом стекле. Расчет (правда, весьма сомнительный) на когерентное возбуждение флуоресценции в разных молекулах UO_2 (помехи [В] возбуждению флуоресценции

за счет черенковского, видимого и у[льтра]ф[ioletового] излучения).

3) Стоит ли проделать опыт с эффектом Доплера для критического угла в черенковском излучении (при монохроматическом электронном возбуждении)?

4) Следовало бы проверить, имеется ли то селективное тормозное рентгеновское излучение при распространении быстрых электронов внутри конденсированного вещества, которое должно бы существовать вследствие периодичности торможений и ускорений (см. рисунок). Если, например, скорость электрона



Большая матрица
скорости амплитуда 10^9 см/сек
расстояние между молекулами

$\sim 10^{-8}$ см, то можно ожидать рентгеновского излучения с периодом 10^{-17} сек.

Хорошо бы попробовать опыт в довольно конденсированном паре натрия или ртути.

10^9 см/сек, расстояние между молекулами $\sim 10^{-8}$ см, то можно ожидать рентгеновского излучения с периодом 10^{-17} сек³⁷.

5) Хорошо бы попробовать опыт в довольно конденсированных парах натрия или ртути (в полосе аномальной дисперсии — появление узкой полосы черенковского излучения). Со ртутью это как будто бы совсем не трудно. (Конечно, наряду с этой полосой должна от простого электронного возбуждения возникнуть и резонансная линия.) Нужно подсчитать.

6) Смысл объяснения свечения такой: быстрый электрон, пролетая мимо ряда молекул, когерентно их возбуждает. При скоростях $< \frac{c}{n}$ возникающие световые когерентные волны вследствие

интерференции чистятся³⁸, при скоростях $> \frac{c}{n}$ в определенных

направлениях $\left(\operatorname{tg} \theta = \frac{c_0}{cn} \right)^{39}$ излучение возможно. Отсюда следует,

что [цент(p)] явления в когерентности состояний электрона и вызываемых им возбуждений. Интересны пределы этой когерентности. Необходимо выдумать интерференционный опыт. Опыт 2) в этой связи также интересен.

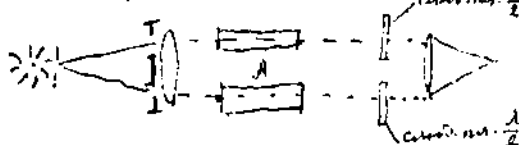
17 июля. Алибек.

Практические темы. (Измерение малых изменений поглощения.)

- 1) Необходимо еще раз попробовать собрать фото-электрическую установку большой чувствительности для измерения очень малых изменений коэффициента абсорбции. (Рабинович. J. Chem. Physics. 1936, 4, 358). Это позволит решить многие задачи.
- 2) Хорошо бы использовать принцип полихромазма (Вейгерт) для измерения ничтожных изменений поглощения, устраняя искусственную анизотропию посредством деформации.
- 3) Применение для той же цели интерференционного метода, о котором давно думаю.
- 4) Испытать такой интерференционный метод:

Думается

4) Копировать, таким образом, следующий метод



Если соответствующим образом ориентировать пластину $\lambda/2$ интерференцию можно уничтожить (моя статья 1932 г.)⁴⁰. Вернее, можно видеть интерференционные полосы только через поляризационную призму. Пусть в А коэффициент абсорбции изменился – должны появиться полосы. Но какова будет чувствительность метода? К сожалению, это темные полосы на светлом поле.

При соответствующей ориентировке пластины $\lambda/2$ интерференцию можно уничтожить (моя статья 1932 г.)⁴⁰. Вернее, можно видеть интерференционные полосы только через поляризационную призму. Пусть в А коэффициент абсорбции изменился – должны появиться полосы. Но какова будет чувствительность метода? К сожалению, это темные полосы на светлом поле.

- 5) Метод зрительного порога? Как будто бы, однако, из этого ничего не выйдет. Попробовано.

18 июля. Алибек.

Если с «птичьего полета» посмотреть, что сделано за последние два года в оптике – то поражает трафаретность, отсутствие совсем новых точек зрения (интерференция под большими углами, черенковское излучение и брумберговский метод – наиболее

занятое). А ведь работают и думают сотни голов. Неужели оптика исчерпана! Конечно нет. Один поляроид чего стоит!

30 августа. Лгр.

План лаборатории люминесценции ГОИ на 1940 г.

1) **Разработка методов измерения малых поглощений света для аналитических целей и способы регистрации изменений поглощения во времени:**

- а) дифференциальный ф[ото]э[лектрический] метод;
- б) интерференционный метод;
- в) метод «полюхроизма»;
- г) развертка абсорбции вращающимся зеркалом.

Применение метода для анализа углеводов и для выяснения природы тушения флуоресценции в растворах.

(Исп[олнители] Б.Я. Свешников и дипломанты.)

2) *Разработка люминесцентных люкс-метров и экспонометров:*

- а) сравнение со стандартным самосвет[ящимся] экраном;
- б) использование нелинейности затухания;
- в) определение момента затухания.

(Исп[олнитель] А.Н. Севченко.)

3) **Ультрафиолетовая и люминесцентная микроскопия:**

- а) развитие методы трехцветки;
- б) люминесценц-микроскоп для ближнего и дальнего у[льтра]ф[иолета];
- в) фосфоресценц-микроскоп.

(Исп[олнитель] Е.М. Брумберг)

4) **Исследование зависимости поляризации флуоресценции от длины волны возбуждающего света.**

(П.П. Феофилов)

(ср. 10 июля)

5) **Адсорбционные фосфоресцирующие порошки, возбуждение их светом при взрыве или химическими силами (для светящихся сигнальных ночных дымов).**

б) **Сравнение катодолюминесценции и фотолюминесценции, и конструирование катодолюминометра для стекол и минералов:**

- а) сравнение к[атодо]л[юминесценции], ф[ото]л[юминесценции] и рентг[ено]люминесценции ураниловых солей;
- б) сравнение к[атодо]л[юминесценции], ф[ото]л[юминесценции] и р[ентгено]л[юминесценции] ленардовских фосфоров;
- с) сравнение к[атодо]л[юминесценции], фотолюминесценции и р[ентгено]л[юминесценции] адсорбционных фосфоров;
- д) катодолюминометр, позволяющий сравнивать флуоресценцию и фосфоресценцию, а также изучить длительность свечения.

- 7) Выяснение зависимости выхода флуоресценции от длины волны возбуждающего света, конструирование спектролюминографа и применение его для целей спектр[ального] анализа:
 - а) сравнение $\rho = f(\lambda)$ для большого ряда веществ, при возбуждении рт[утной] лампой и дугой;
 - б) разработка метода для видимого света;
 - в) конструирование;
 - г) применение для сенситометрии фотоматериалов.
 - д) применение для спектрального анализа.
- 8) Флуктуации (зависимость от длины волны).
(ср. 9 июля.)
- 9) Концентр[ационное] тушение и деполяризация.
(ср. 10 июля.)
- 10) Авиационная трехцветная фотография.
- 11) Квантометр. (На простом принципе фотометрирования флуоресценции.)
- 12) Фосфоресценция аромат[ических] углеводородов при низких температурах.

[1940 г.]

12 марта, Москва, Кремл[евская] больница.

По поводу опытов Тумермана (ср. запись 12 мая 1938 г.).

Опыты Тумермана с действием тушителей при низких температурах объяснили расхождение результатов Тимофеевой и его. Таким образом гипотеза «темного» времени установления равновесия в сложных молекулах может еще сохраняться. Однако нужны другие опыты. Надо предложить следующее:

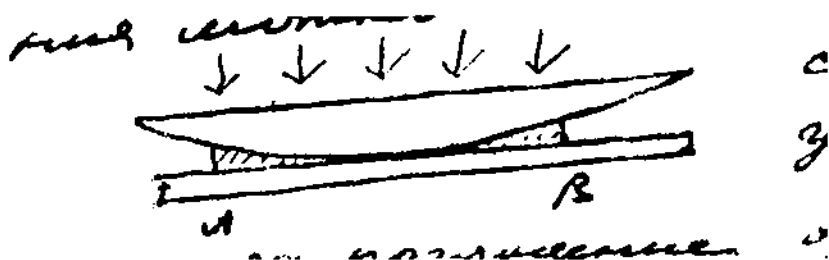
- 1) Сравнение тушения посторонними растворителями при низкой t° и при высокой при условии сохранения одинаковой вязкости (напр[имер], опыты в воде и в глицерине). Если делать упрощенные предположения, то тушение в том и в другом случае должно определяться чистым τ -излучением*.
- 2) Если длительное свечение (фосфоресценцию) при низкой температуре отнести также за счет длительного времени перестройки, то следует ожидать, что тушение длительно-го свечения будет примерно так же зависеть от концентрации тушителя, как и в случае обычной флуоресценции.

* Поверх этого текста Вавилов написал: «Опыт ничего не дает вследствие того, что при добавлении тушителя τ сокращается».

15 марта. Сан[аторий] «Барвиха»⁴¹.

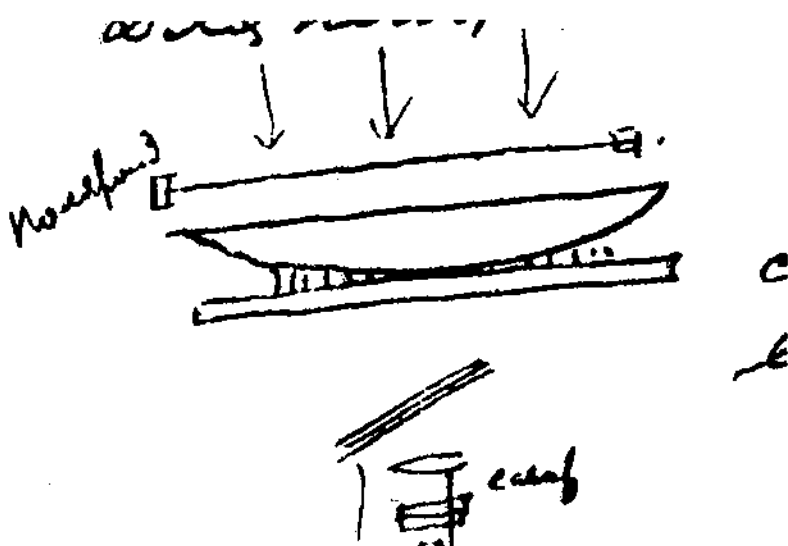
О явлениях концентр[ационного] тушения и конц[ентрацион-
ной] деполяризации в двухмерных и одномерных условиях⁴².

Конц[ентрационное] тушение и деполяризация флуоресценции в растворах, по-видимому, определяются квантово-мех[аниче-
ским] резонансом на больших расстояниях. Отсюда экспе-
риментальный вывод, что в двухмерных и одномерных усло-
виях конц[ентрационное] тушение и деполяризация должны ослабевать. Экспериментально для конц[ентрационного] тушения можно поступить так: воспользоваться ньютоновской установ-



кой, промерить сначала поглощение от *A* до *B*, потом измерить яркость флуоресценции. Отсюда определится выход фл[уоресценции] в различных местах *AB*. Если предположение верно, то следует ожидать максимального выхода в центре, где ширина зазора $\ll \lambda$.

Для поляризации почти такая же установка. Надо только удо-



стовериться, что деполяризация вследствие реабсорбции не велика. Для одномерных опытов нужно попробовать гребенчиковские стекла с пристойной пленкой⁴³ (наличие каналов толщиной $\ll \lambda$).

16 марта. «Барвиха».

В эти тяжелые месяцы болезни и общего разлада переоцениваются все ценности. Сделал ли что-нибудь для науки? Или мыльный пузырь и галка в павлиньих перьях? Что останется важным, нужным, хотя и специальным?

- 1) Абсолютный выход флуоресценции.
- 2) Зависимость выхода от длины волны (мой закон).
- 3) Зависимость выхода флуоресценции от концентрации.
- 4) Теория тушения флуоресценции в растворах.
- 5) Работы по поляризации фл[уоресценции] в растворах (их много).
- 6) Флуктуации фотонов.
- 7) Метод броуновских площадей.
- 8) «Столкновение фотонов».
- 9) Синяя флуоресценция.
- 10) Интерференц[ионные] явления при больших углах между когерентными лучами.
- 11) Исторические статьи.

Немного, но и неплохо. Все свое и есть важное. Поэтому не стоит киснуть и вешать голову. Павлин не первого класса, но все же не галка.

Ну, а что же дальше? Это самое главное. Спускаться ли на изобретательские технические плоскости или взбираться кверху? Нужно и то и другое.

17 марта. Барвиха.

1) О характере элементарного излучателя (диполь, квадруполь) принципиально можно судить по интерференционным явлениям, происходящим в свете **излучения** этих систем. Можно ли что-либо аналогичное сделать в отношении поглощения? (Ставлю пока только вопрос, опыта еще не имею.)

2) Нужно разобрать общий случай квадруполья (а не только $\sin 2\alpha$), как в отношении интерференционных явлений, так и поляризации люминесценции⁴⁴.

[25 марта [1940], Барвиха]

В XVII веке механика для человека была главное и Ньютон действительно взял «быка за рога». Что в наше время главное? (Отсюда никакой особенной персональной морали не следует.

В XVII веке центральное значение механики всем было понятно и Гуку и Гюйгенсу *e tutti quanti**. Решить-то ее сумел только Исаак Исаакович.)

Ядро? В самом деле, если бы урановые мечты хотя бы немножко оказались действительностью – конечно, было бы так. Людям, может быть, все нужно бы забросить и ринуться на ядро.

Ну, а любимая сердцу оптика? Вдалеке она сейчас от центральной дороги. Сбежать? На 50-ом году? Поздно, да и в этом ли дело?

28 марта. Барвиха.

План статьи «Поляризация фотолюминесценции и природа элементарных излучателей».

1) Постановка вопроса о природе элем[ентарных] излучателей.

2) Методы экспериментального определения природы элементарных излучателей.

a) Спектроскопический метод.

b) Длительность излучения.

c) Интерференционный метод. (В примечании отповедь Гальперну и Дерманну.)

d) Метод Deutschbein'a.

3) Зависимость поляризации фотолюминесценции от природы излучателя:

a) электр[ический] диполь;

b) магн[итный] квадруполь;

c) электр[ический] квадруполь;

d) опытные данные: редкие земли, ураниловые соли.

Барвиха. 11 апреля.

О зрительных флуктуациях.

Положение дела таково. По физиологич[еским] данным:

1) Кривая сумеречной порожной чувствительности совпадает с кривой поглощения разведенного зрительного пурпура.

2) Выцветание зрит[ельного] пурпура пропорционально колич[еству] поглощ[енной] энергии независимо от длины волны.

Из этих фактов как будто бы с несомненностью следует, что число фотонов, соответствующее порогу и поглощаемое в сетчатке, должно быть одно и то же для любых длин волн. Между тем по флукт[уационным] данным число n в общем следует за кривой сумеречной чувствительности (хотя только качественно).

* *e tutti quanti* (ит.) – и поголовно всем.

В чем же дело? В неточных измерениях флуктуационных? Или в каком-то теоретическом упущении? Думаю об этом больше года урывками и пока без результата.

Первая интерпретация:

- 1) Из факта: выход ф[ото]х[имической] реакции выцветания зрит[ельного] пурпура не зависит от λ , следует, что образуется, независимо от λ , всегда одно и то же число центров дальнейшей реакции.
- 2) Из факта совпадения кривой сумеречной чувствительности глаза и кривой поглощения следует, что для разных λ равным ощущениям соответствует равное поглощение в зрительном пурпуре. Но следует ли из всего этого, что среднее число флуктуирующих элементов для разных λ обязательно одинаково? Как будто бы нет.

В самом деле: при поглощении $nh\nu$ с разными ν , но одинаковым n , возникающие n центров энергетически, конечно, несколько различны и за счет n центров может возникнуть $d(\nu)n$ центров, вызывающих мозговые зрит[ельные] ощущения. Предположим далее, что в различных областях спектра $d(\nu)n$ вторичных центров вызывают равные зрительные ощущения. Если так, то указанные в начале физиологические факты не нарушаются, вместе с тем среднее число флук[туирующих] явлений может зависеть от λ .

В этом «объяснении» весьма сомнительно вот что. Из опыта следует, что для красной части спектра флук[туирующее] среднее число возрастает, между тем ему полагалось бы убывать (по крайней мере, с большей вероятностью).

Ленинград. 30 июня.

Следовало бы написать две популярные книги:

1) «Почему зажигательные зеркала являются мифом и почему нельзя при помощи оптического микроскопа увидеть молекулу?»

Это две главные ошибки, которые сводят с ума изобретателей, непосвященных. Такая книжка многих бы избавила от лишней траты времени⁴⁵.

2) «Оптический альбом». В этом альбоме можно дать:

а) зрительные обманы, б) изменение цветов вследствие контраста, в) фосфоресцирующие картинки, г) изменение цветов при рассматривании через светофильтр, д) сложение цветов объективное и субъективное, е) интерференционные цвета тонких пластин, ж) дифракционная решетка, з) двойное преломление с анизотропными пленками, к) поляроиды и пр[очее].

Думаю, что такая «плоская» демонстрационная лаборатория в наше время вполне возможна.

Снова возвращаюсь к мысли написать популярную «Природу света»⁴⁶. Главы в ней должны быть такие:

- а) Античные воззрения на свет.
- б) Теория света Гримальда.
- в) Оптика Леонардо да Винчи.
- г) Взгляды Галилея на природу света.
- д) Ньютон и теория света.
- е) XVIII в. и теория света (Эйлер, Боскович, Марат etc).
- ж) Ломоносов и природа света.
- з) Петерб[ургская] Академия наук и вопрос о природе света (конкурсы).
- к) Эволюция волнового представления о свете (Юнг, Френель, Рэлей).
- л) Электромагнитная природа света.
- м) Квантовая теория света.
- н) Совр[еменные] затруднения теории света.

[Узкое⁴⁷. Июль]

Intermezzo. Бой на зрительных лучах между Левенгуком и Сваммердамом в «Повелителе блох» Э.Т.А. Гофмана «...Сваммердам вытащил из кармана маленькую подзорную трубу, раздвинул ее на всю длину и стал наступать на врага, громко восклицая: “Ну, потягаемся, проклятый, если у тебя хватит смелости!” Левенгук проворно выхватил такой же инструмент, так же его раздвинул и закричал: “Ну, выходи, я готов, сейчас почувствуешь ты мою силу”. Тут оба друга приставили подзорные трубки к глазам и яростно напали друг на друга, нанося убийственные удары, причем посредством сдвигания и раздвигания они то сокращали, то удлиняли свое оружие. Они делали финты, парады, вольты, коротко сказать – применяли все приемы фехтовального искусства и приходили все в больший и больший азарт. Получивший удар пронзительно вскрикивал, подскакивал и выделял самые удивительные прыжки, пируэты, антраша, точно лучший солист парижского балета, пока противник не приводил его в оцепенение, устремив на него укороченную трубку. Получал удар этот последний, и с ним повторялась та же история. Так они по очереди выкидывали дикие прыжки, сумасшедшие ужимки и издавали бешеные крики, пот катил градом с их лбов, налившиеся кровью глаза вылезали из орбит, и так как кроме их обоюдного взглядывания друг на друга через подзорные трубки нельзя было заметить никакой другой причины их виттовой пляски, то их можно было принять за бесноватых, выскочивших из дома умалишенных. Впрочем, вся эта сцена была презабавна».

Узкое. 20 июля.

Необходимо как можно скорее в Ленинграде проделать опыт P. Selenyi (Zs. f. Phys.) 108, 401, 1938 с поляризацией полос интерференции в случае растворов ураниловых солей и редких земель⁴⁸. Этот опыт, может быть, даст прямое определение природы излучателя.

Узкое. 22 июля.

Полезно обобщить выводы относительно диполя и квадруполья предположением, что излучающий д[иполь] или к[вадруполь] повернут на некоторый угол χ по отношению к поглощающему д[иполю] или к[вадруполью].

1 августа. Узкое.

По возвращении в Ленинград придется в спешном порядке поставить несколько опытов по определению мультипольности осцилляторов:

1) Опыты по схеме Зелени (интерференционные) с тербием, сорбием и ураниловыми солями. Надо предусмотреть, что свечение редких земель будет очень слабым (квадрупольное поглощение). Для уранил[овых] солей взять раствор сернокислого уранила в H_2SO_4 .

2) Опыты с поляризацией уран[ового] стекла в зависимости от η и χ . Степень поляризации ур[анового] стекла по измерениям Севченко 13%. Для сравнения поэтому придется промерить и раствор краски (флуоресцеина) в смеси глицерина с водой, дающий максимальные явления поляризации.

3) Придется вернуться к вопросу, поставленному 28/VII⁴⁹.

4) Произвести окончательные поиски поляризации редких земель.

План доклада на Общ[ем] Собрании Ак[адемии] наук «О люминесценции».

1. Тема не новая и для Академии наук (Эйлер. В.Петров).

2. Рост в наше время, главным образом вследствие техн[ического] использования и развития квант[овой] мех[аники] и строения вещества.

3. Примеры практ[ических] применений: источники света, люм[инесцентный] анализ; экраны, театр и т.д. Дв[орец] Советов.

4. Затухание как одна из основных путей[одных] нитей для понимания люм[инесценции].

5. Работы мои, Левшина и др. по тушению и поляризации в связи с т. Работа Тумермана. Работа Антонова-Романовского.

6. Природа элем[ентарных] излучателей: интерференционные и поляризац[ионные] свойства.

7. Работа Блохинцева. Работы Феофилова.

8. Перспективы.

Опыты: примеры люминесценции, лампы, люм[инесцентный] анализ, затухание.

Узкое, 2 августа.

Портятся глаза, все больше и больше. К очкам пришлось прибегнуть лет 6 тому назад. Раньше зрение было превосходным. Сначала появилась дальзоркость. Теперь и в даль смотрю скверно. Нужно иметь двое очков в 1 и ~2,75 диоптрии. Глаза у меня как будто примерно одинаковые. Поэтому думаю выйти из положения затруднительного (постоянной смены очков) тем, что на один глаз поставлю 1 диоптрию, на другой 2,75. Будет всегда отчётливая картина с некоторой налагающейся мутью.

1 сентября. Ленинград.

Темы на 1941 г. для ГОИ.

1) Экспериментальное исследование мультипольности излучения (поляризация флуоресценции, интерференция, величина поглощения, длительность излучения).

2) Фосфоресцентный фотометр для прожекторных пучков, основанный на нелинейной зависимости от интенсивности.

3) Применение брумберговского приема искусственной трехцветной окраски для сортировки оптического стекла.

4) Разработки хемилюминесцентного источника света (на несколько часов) для ночных полетов самолетов.

5) Применение деполяризации прожекторного пучка для определения поглощения (рассеяния) в атмосфере.

6) Тушение и деполяризация флуоресценции в двухмерной и трехмерной среде.

2 сент[ября]. Ленинград.

Продолжение: Темы переходящие.

1) Ультраф[иолетовая] и люминесцентная микроскопия.

2) Католюминесценция (сравнение с фото- и рентгенолюминесценцией).

3) Методика измерения малых поглощений.

4) Люм[инесцентно]-спектр[альный] анализ редких земель.

5) Квантовые флуктуации.

6) Зависимость предельной поляризации от длины волны возб[уждающего] света.

7) Проверка закона зависимости выхода от длины волны возб[уждающего] света и применение его к практическим задачам.

15 сент[ября]. Ленинград.

План лекции: «Главные пути современной физики»⁵⁰.

1. В физике, как во всякой подлинной научной области, есть результаты, которые навеки останутся ценными и верными хотя бы приближенно (гидростатика, законы механики, электричества и пр.). Так создается «классическая физика» (от слова класс[ическая] школа). Эту физику учат, постоянно применяют и в технике и в других науках. Все современное машиностроение, строительная техника, электротехника и пр. лежат на этой классической физике.

2. Наряду с этой классической физикой вырастает новая, живая, вокруг которой идет борьба. Эта «новая физика» насчитывает около 50 лет (электроны, радиоактивность, относительность, кванты, ядро etc). Она не только расширяет классическую физику, но и **качественно отлична**. Поэтому, несмотря на почтенный возраст она даже в наиболее старых главах (электроны, относительность) не успела, в свою очередь, сделаться классической. О ее главных направлениях и будет речь.

3. Фундамент классической физики: а) абсолютное пространство и время, б) упрощенное представление о строении вещества, в) определенный характер взаимодействия (закон тяготения, закон Кулона, законы Био-Савара, упругие силы).

4. Новая физика разрушает вот эти три фундаментальные постройки (каждая фаза в развитии физики – уверенность в достижении абсолютной стадии, в действительности – неисчерпаемость). Учение о пространстве и времени как физических понятиях, неразр[ывно] связанных с материей и ее обуслов [неразб.]. Зависимость измеряемых времен и отрезков от движения, простр[анство] неразрывно связано с силовыми полями. Строение вещества: молекула, атом, ядро, электрон, протоны, нейтроны, нейтрино, мезотроны и пр. Квантовые законы, их своеобразие. Таковы три главных напр[авления] современной теор[етической] физики, вытекающих из данных современного [о]пыта.

5. Технические следствия новой физики: термоионные лампы, электронный микроскоп, фотоэлементы, выпрямители; возможности использования внутриядерной энергии, спектральный анализ.

6. Однако техника главным образом до сих пор развивает следствия классической физики: акустика, радио и пр.

7. Чем определяется развитие физики? а) случайность (открытие Эрстеда, радиоактивность), б) внутренняя логика развития науки (механика, термодинамика, оптика), в) запросы жизни (социальный заказ) – почти все технические открытия (напр[имер], поляроид – требованиям автомоб[ильной] техники). Взаим-

ная связь этих факторов: случайность становится более частой. Современ[ные] направления физики, конечно, не случайны, но случайность имеет огромное значение в их развитии.

8. Расстановка сил советских физиков на главных направлениях: а) задачи теор[етической] физики, б) ядро, в) низкие температуры, г) спектральный анализ, д) полупроводники, ж) радио, з) акустика, магнетизм.

8 ноября. Ленинград.

План лекции: «Строение вещества»⁵¹.

1) Учение о строении вещества – большая, вернее, бо́льшая часть современной физики. В лекции можно будет только очертить принципиальную, философскую сторону вопроса, чрезвычайно схематизируя конкретное содержание совр[еменного] учения о ст[роении] в[ещества].

2) Материя и вещество. Такие признаки как масса и энергия – общие. Необходимый признак вещества, по-видимому, возможность любых относительных скоростей от 0 до скорости света, в то время как другие виды материи (свет) всегда со скоростью c . Наличие малых скоростей, ускорений и создают возможность концентрации массы и энергии, столь характерной для вещества. Поэтому для старой физики вещество и характеризуется прежде всего, т[ак] и [азываемой] «непроницаемостью».

3) В самых примитивных стадиях человеческого познания в веществе поражали две как будто бы противоречивые и взаимно исключают особенности: изменчивость и постоянство. Вода, пары, дождь, [неразб.] круговорот вещества. $\kappa\alpha\upsilon\tau\alpha$ $\rho\epsilon\iota$. Отсюда идея **строения вещества**. Атомизм. Подсказывала дискретность окружающего: песок, рой мух, общество.

4) Постепенно атомистическое представление о веществе стало основой материалистической картины мира (Левкипп, Демокрит, Эпикур, Лукреций). Механическая картина мира на основе атомизма (Ньютон). Трудности. Дальнодействие. С другой стороны непрерывный эфир. Соударения – не выход. Метафизические попытки Ньютона. Необходимость сочетания дискретности и континуума.

5) Состояние атомизма до конца XIX в. Размеры и число атомов и молекул, скорости, но отсутствие непосредственных измерений и наблюдений. Скепсис Кирхгофа, феноменологизм. Термодинамика. Дифф[еренциальные] уравнения. Энергетика Оствальда. Венская школа (Мах, Яумани, [неразб.] и пр.).

6) Фундаментальные доказательства атомного строения вещества. Броуновское движение. Толщина пленок. Электронный микроскоп. Треки в камере Вильсона, сцинтилляции.

7) Строение атомов. Электроны. Порядковое число. Ядро. Протоны. Нейтроны. Нейтрино. Тяжелые электроны. Положительный электрон. Нейтретто. «Неисчерпаемость электрона».

8) Волны вещества. Дифракция электронов, атомов и молекул. Прерывное и непрерывность снова.

9) Силы между частицами. Э[лектро]с[татические] силы. Внутряядерные силы.

10) Вселенная: скопление вещества в звездах и галактике при помощи гравит[ационных] сил. Две тенденции: строить атомы из вселенной как целого (Эйнштейн); наоборот из элем[ентарных] частиц – все остальное: кристаллы, жидкости, звезды. Мы убеждены в неправильности той и другой точек зрения. Обе тенденции правы →← . Мир – не повторение в *n*-ном количестве экземпляров, он в каждом элементе объема оригинален.

11) Несмотря на громадное количество установленных фактов, учение о стр[оении] вещества далеко не закончено. Абсол[ютная] истина не достигнута, но приibl[ижение] к ней. Побочные результаты, ряд практ[ических] результатов.

(Лекцию эту читал 16 ноября в Лгр., а 14 дек[абря] в Москве.)

15 дек[абря]. Ленинград.

Программа статьи «Развитие идеи вещества»⁵².

1) Книга Ленина⁵³ написана в эпоху резкого изменения в ходе развития идеи вещества. Она содержит ретроспективное освещение и перспективу. Центральная идея книги: широкое диалектическое понимание материи, противопоставляемое прежним узким представлениям. Вещество и материя. «Аннигиляция материи». «Дематериализация материи» (Лебон). Попытка определения понятия вещества по признаку скорости. Другие виды материи: свет, силовые поля.

2) Многообразие вещества. Генезис идеи атомов. Атомизм Демокрита и Эпикура. Пустота и атомы. Взаимодействие. Критики Гассенди.

3) Атомизм и механика Ньютона. Силы на расстоянии. Эфир.

4) Конкретизация атомизма в XVIII в. – XIX в.

5) Скептики.

6) Фундаментальные доказательства атомизма.

7) Строение химических атомов.

8) Разрушимость и самопроизвольный распад атомов. Образование пар. Гибель позитронов.

9) Силы между частицами.

10) Волновая механика.

11) Две тенденции построения физики.

(Ср. 8 ноября)

Ленинград, 3 января.

Нелинейный фотометр. Идея старая, сравни 9 июля 1939 г.

1) Равновесное излучение лена[рдовских] фосфоров (при стационарном освещении) нелинейно зависит от интенсивности поглощаемого света.

2) Закон затухания лен[ардовских] фосфоров различен для разных интенсивностей возб[уждающего] света.

3) На этом основании можно строить «абсолютные фотометры» (без источника сравнения).

Москва, 9 января.

Нужно разобрать вопрос о **предельной поляризации** газа, состоящего из сложных молекул.

Такую сложную молекулу можно представить трехосным эллипсоидом, причем рассматриваемый осциллятор (в простейшем случае линейный) образует с осями эллипсоида углы α , β , γ .



*Предельный случай жесткой
совершенно анизотропной молекулы*
 $a = a \quad \alpha = 0$

Предельный случай жесткой вполне анизотропной молекулы

$$a = a \quad \alpha = 0$$

$$b = 0 \quad \beta = \pi/2$$

$$c = 0 \quad \gamma = \pi/2$$

был разобран мною и Левшиным еще в 1923 г. При этом предполагалось (в соответствие с законами механики), что устойчивые вращения возможны только относительно осей \perp к оси a . При этом степень поляризации (при возбуждении поляризованным светом) оказалась равной $1/7$.

Необходимо решение общей задачи⁵⁴.

31 января, Лгр.

О пепельном свете луны. Его всегда приписывают рассеянию рассеянного света Земли. Не имеет ли какое-нибудь значение фосфоресценция каменистых пород лунной поверхности? Прямые солнечные лучи (не нужно забывать отсутствие атмосферы на Луне, а, следовательно, наличие очень интенсивной ультрафиолетовой радиации, возбуждающей люминесценцию) должны вызывать большую фосфоресценцию. Изучение спектра пепельного света с этой точки зрения было бы интересно.

Хорошо бы написать «народную физику» по пословицам, сделать это не так уж хитро⁵⁵.

10 февр[аля], Москва.

Беспорядочность (хотя бы и не полная) распределения звезд и спиральных туманностей во вселенной, хаос состояния поверхности Земли (горные складки, метеорология, нелепые очертания берегов и пр.) и других планет, статистика химических, внутриатомных и внутриядерных явлений – все выражение органической статистичности явлений. Этот хаос и статистичность на всех ступенях и во всех масштабах. Перемежается хаос с некоторой стройностью (система строения атома, молекул, кристаллов, солнечных систем). В этом хаосе глубочайший смысл, до сих пор никем не понятый. Нужно над ним сосредоточенно думать.

Для памяти (еще батилиманский опыт). Проявлять можно очень удобно при свете папиросы.

Москва, 3 апреля.

При разработке флуктуационных явлений нужно учесть, что при образовании зрительного впечатления (вблизи порога) имеет значение время.

При очень коротких вспышках, вероятно, безразлично **время подачи** числа фотонов n_0 , важно только это число.

Наоборот, при очень длительных вспышках общее число роли не играет, при очень малой интенсивности время не в состоянии компенсировать среднюю недостаточность числа фотонов.

Ленинград, 9 апреля.

Значит, сейчас теория естественного отбора явно ошибочна по соображениям чисто расчётным. Бытие Земли $\sim 10^9$ лет. Следовательно, около $5 \cdot 10^7$ поколений. За исторически сознательный (вполне сознательный) период жизни человека примерно от фараонов до наших дней прошло около $5 \cdot 10^3$, т.е. $2,5 \cdot 10^2$ лет.

Эволюция от египтянина времён фараонов до современного по *habitus*'у, по-видимому, совсем неважна. Каким же образом с этой точки зрения возможна эволюция от амебы или ихтиозавра до нормального *homo sapiens*? С количественной стороны дело давно не благополучно.

Это, право, удивительно, что с количественным аршином к «ест[ественному] отбору» не подходят, а этот факт совершенно убийственен.

Ленинград, 13 апреля.

Программа доклада на Общем собрании А.Н.: «Люминесцентные источники света»⁵⁶.

1) Вопрос об источниках света вырастает в серьезную техническую проблему только с того времени, когда потребность в искусственном освещении достигает колоссальных размеров. Возникает задача о количестве и качестве света.

2) Естественное освещение. Глаз и Солнце. Искусственное освещение от костра до электрической лампы накаливания. Температурное излучение.

3) В сущности свеча – остроумнейшая система. Горючее в концентрированном твердом состоянии. За счет перегорания фитиля происходит сжигание горючего, переход его [в] парообразное состояние, причем одним из продуктов горения являются твердые угольные частицы, накаливание которых и определяет основную отдачу света, частицы своевременно сгорают (отсутствие копоти). Свечу легко потушить. До сего времени свеча остается остроумнейшим и необходимым [источником света].

4) Ничтожный коэффициент полезного действия температурных излучателей. Вопрос о непосредственном переводе других форм энергии: электрической, химической и пр. в свет. Люминесценция.

5) Газосветные люминесцентные лампы. Почти полное решение количественной задачи – но неудовлетворительное качественное решение.

6) Фотолюминесценция – перевод одной формы световой энергии в другую. Закон Стокса. Законы выхода люминесценции. Практические условия к люминесц[ентным] составам: а) подходящие спектры излучения и поглощения, б) большой выход, в) температурная и химическая устойчивость.

7) **Фосфоры** – более чем трехвековая история. В.В. Петров. Состояние теории. Результаты Антонова-Романовского. Схоластика зональной теории.

8) Практические результаты ВЭИ, ФИАН, ГОИ, завода Светотехник, Электро-лампового завода (с демонстрацией).

9) Предстоящие задачи: увеличение k [коэффициента] p [полезного] d [действия], улучшение цвета, упрощение электрической стороны, удлинение срока жизни.

10) Химические люминесцентные источники (работы Свешникова). С эконом[ической] точки зрения не следует забывать, что в электрич[еских] источниках громадная потеря энергии при подключении электрического тока.

11) Перспективы применения фосфоров переменного действия: светящиеся ночью дома, дороги, столбы на дорогах.

12) Влияние новых источников света на жизнь. Свет в коммунистическом обществе. Ночь останется только для сна, для поэтов и астрономов.

6 мая, Ленинград.

Система «старой, классической, «механистической» физики», также как и религиозный взгляд на мир – являются переносом привычных человеческих наблюдений, впечатлений, вообще «опыта» на весь внешний мир. Разница только в том, что в первой картине объективируются **вещи, тела**, а во второй факты сознания, так называемой «свободы воли» и общественные соотношения. В обеих системах человек строит философию «по образу своему и подобию».

5 июня. Ленинград.

План доклада «**Флуоресценция растворов органических соединений**».

1) Развитие учения о флуоресценции началось с растворов. Состояние наших сведений о растворах четверть века назад. Современное состояние. Большое продвижение и неясность многого.

2) Особенность фл[уоресценции] растворов – агрегатное состояние, громадное влияние окружающих молекул.

3) «Фотохимические теории» – их особенность. Доказательства спонтанного характера излучения.

4) Поляризация флуоресценции, природа элементарных излучателей. Вязкость растворов. Анизотропия молекул.

5) Выход флуоресценции. Его зависимость от природы вещества и растворителя. Концентр[ационное] тушение. Тушение посторонними веществами. Зависимость от длины волны возбуждающего света.

6) Вопросы длительного свечения. Метастабильный или квадрупольный характер. Изменение спектров при низких температурах.

7) Теоретические и практические перспективы.

Лгр. 6 июля.

1) Нужно попытаться вывести закон спектрального распределения в спектре поглощения и излучения для крайнего случая выполнения зеркального соответствия.

2) Нужно проверить универсальность этого распределения.

В жуткие дни, в которые пришлось попасть, необходимо вспомнить науку, она может оказаться спасительной.

Лгр. 17 июля.

Возможные «писательские» работы на время эвакуации.

1) Перевод Fr. Marie. Фотометрия⁵⁷.

2) Перевод *Lectiones opticae* Ньютона.

3) «Интерференция света».

4) 2-е издание «Экспер[иментальные] основания теории относительности».

5) Новое издание перевода книги Эйнштейна.

6) Монография «Фотолюминесценция растворов».

7) Обработка «Визуальных флуктуаций».

8) Вывод связи между конц[ентрационной] деполяр[изацией] и т.

9) Обобщение «поляризации флуоресценции и природа элем[ентарных] излучателей».

10) Составление сборника: «Вопросы истории и философии физики».

11) «Оптика» Леонардо да Винчи.

Йошкар-Ола, 26 августа.

Из военных тем: применение органических веществ, дающих длительное свечение, кроме короткого, для секретных документов: на фоне при стационарном освещении, светящемся только, напр[имер], синим светом (таких веществ сколько угодно), дать надпись при стац[ионарном] освещении темнее, являющуюся синей, а при выделении длительной компоненты – желтой.

Йошкар-Ола, 7 сентября.

Был в Казани на цветном фильме «Конек-Горбунок» (двухцветка). Заметил, что усталость и утомление от цветных фильмов гораздо меньше, чем от черно-белых. В чем дело, не знаю.

Йошкар-Ола, 14 сентября.

План книги «Флуоресценция растворов».

1. Введение (определение области).

2. Выход флуоресценции и его зависимость от разных факторов.

3. Поляризация фл[уоресценции] и ее зависимость от разных факторов.

4. Спектры флуоресценции и абсорбции.

5. Длительность свечения.

19 сентября. Йошкар-Ола.

Как определить «цвет» ночного свечения неба? На глаз нельзя, палочное зрение, цветовое ощущение исчезает. Но если смотреть на цвет как на полезное иногда объективное понятие, то, по-видимому, сделать это можно. Нужны три снимка через три цветных светофильтра, а затем обычное аддитивное восстановление света. Практический вопрос только в том, какие экспозиции выбрать для трех снимков?

Монохроматический температурный излучатель: дидимовое стекло, накаливаемое током. Например: должно возникнуть

*Может быть, все же, температура должна
быть выше: дидимовое стекло, или
какая-то другая. Напрямую?
Далее, в области ультрафиолета,
мониторинг, все же, свечение в области
сине-голубой, желтой и красной области
спектра. Это в области свечения
стекла, которое - это свечение
в области ультрафиолета, свечение
Йошкар-Ола, 14 октября 1942 г.*

Работа для лаборатории на 1942 г.

практически монохроматическое излучение в области тонкой желтой полосы поглощения. Стекло либо кварцевое, либо по крайней мере [неразб.].

Йошкар-Ола, 14 октября.

Работа для лаборатории на 1942 год.

1) Изготовление органических твердых растворов с длительным послесвечением для замены фосфоров.

2) Конструирование карманных ультрафиолетовых фонарей для длинноволнового и коротковолнового [ультра]ф[иолета].

3) Абсорбционно-люминесцентный анализ крови.

Йошкар-Ола, 18 октября.

Сейчас во флоте часто применяют т[ак] н[азываемый] «камуфляж», раскраску пестрыми полосами и рисунками, затрудняющими как распознавание корабля, так и определение его курса. По-видимому, во многих случаях эффективность камуфляжа объясняется известными «обманами зрения». С другой стороны, такие обманы исчезают, если рисунки рассматривать в свете коротких вспышек (например, искры), так как глазное яблоко не успевает заметно повернуться за время вспышки.

На этом основании можно построить метод демаскировки камуфляжа: ночью прожекторное освещение короткими вспышками, днем рассматриванием через обтюратор в течение очень короткого времени.

Йошкар-Ола, 25 октября.

Дня два в Казани просыпаясь в темноте и открывая глаза замечал странную картину золотистых светящихся линий такого вида:

... линии просветились в темноте и открывая глаза замечал картину золотистых светящихся линий такого вида:

Кровеносные сосуды? Или что такое,

Йошкар-Ола, 30 октября

*В. Ринковиче с Линником, обсуждали
задачу самовозбуждения. Света — сильная лучина*

Кровеносные сосуды? Или что такое?

Йошкар-Ола, 30 октября.

В разговоре с Линником⁵⁸ обсуждали газо-генераторную свечу — замену лучины (здесь плохо с электричеством и керосином). Это — развитие первого опыта из химии: сухой перегонки дерева. Нужно только, чтобы часть выделяющихся газов шла на разогревание дерева («самовозбуждение»). Тогда небольшое количе-

Силин). Это как бы новое открытие,
 и, и и и; сухой и жаркой
 Деревя...
 Сухая древесина
 Говорят, что она
 Говорят, что она
 Говорят, что она
 Говорят, что она
 Говорят, что она
 Говорят, что она
 Говорят, что она

ство дерева будет долго давать газ, т[о] е[сть] гореть и служить свечкой⁵⁹.

Йошкар-Ола, 2 ноября.

Вчера в первый раз в жизни заметил, что луна, во время полнолуния, кажется очень выпуклой и смотрит белым шаром, висящим в пространстве на фоне звездного неба.

Зависимость сеточного порога от длины волны, может быть, частью объясняется тем, что фиксационная красная точка заставляет глаз аккомодироваться к красным лучам, а исследуемые (например, в флюктуационных опытах) периферические лучи другого цвета будут «не в фокусе», т[о есть] пучок света будет на сетчатке давать большую площадь, а следовательно, порог повысится. Для проверки этого необходимо сделать опыт, меняя цвет фиксационной точки и одновременно цвет периферически исследуемого света. Эффект этот, по-видимому, несомненен, но он едва ли в состоянии объяснить зависимость от длины волны флюктуационного порога.

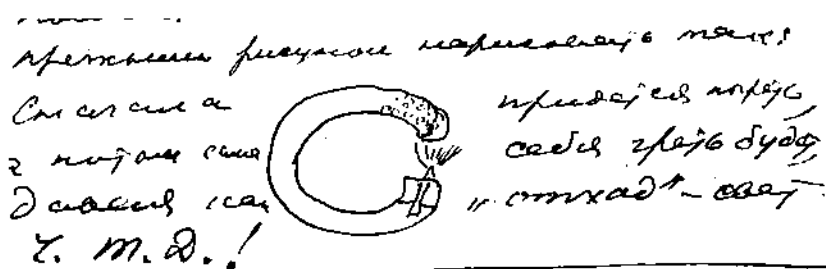
Йошкар-Ола, 12 ноября.

В поисках «оборонно-хозрасчетной тематики».

1) *Натровый карманный фонарик*. В ту войну я изобретал фонарик – с динамкой, приводимой в движение заводом пружины. Сделали это не мы, а немцы. А теперь и мы их делаем, причем сейчас в йошкар-олайской тьме по случаю затемнения этот фонарик – спасение.

Дополнение к фонарику: замена лампочки накаливания натровой лампочкой. Напряжение более высокое получить нетрудно трансформацией. Выгоды явны – к[оэффициент] п[олезного] д[ействия] раз в 10 больше.

2) Опять по поводу «газо-генераторной свечи»⁶⁰. Полная возможность ее ясна, если прежний рисунок нарисовать так:



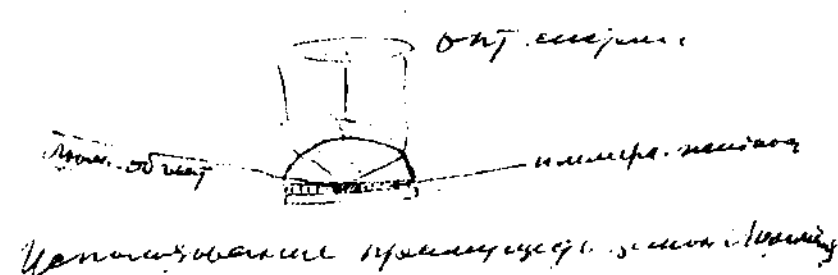
Сначала придется погреть, а потом сама себя греть будет, давая как «отход» – свет, ч[то] [и] т[ребовалось] д[оказать]!

1942 г.

14 января. Йошкар-Ола⁶¹

Предложил сегодня Брумбергу повышать яркость изображения в люминесцентном микроскопе следующим образом.

предложил изобразиться в люминесцентном микроскопе следующим образом.



22 января, Йошкар-Ола

Улучшение изображения в накалыве лампы.

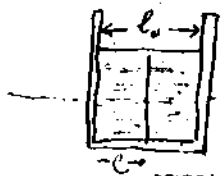
Использование преимуществ закон[а] Ломмеля⁶².

Й[ошкар]-О[ла], 10 февраля.

Опять (Oppenheimer в Phys. Rev) возникло предположение (которое у меня давно, лет 15 тому назад появлялось, заставлял даже Тумермана опыты делать, но делал их он очень грязно и ничего определенного не следовало) о зависимости коэффициента поглощения от расстояния от излучающей молекулы. О теоретических причинах сейчас рассуждать не берусь (в прежнее время все это казалось простым, сейчас это необычайно сложно).

Для экспериментальной проверки возможна такая схема.

Для экспериментальной проверки
... такая такая схема.



Раствор флуоресцирующего вещества,
у которого полоса излучения далека

Раствор флуоресцирующего вещества, у которого полоса излучения далеко отстоит от полосы поглощения (например, зеленое свечение тербия под действием коротковолновых ультрафиолетовых лучей). К этому раствору подливается вещество, поглощающее флуоресценцию и само поглощающее там же возбуждающее излучение.

[Йошкар-Ола, 22 марта.]

План статьи:

Телескоп Галилея⁶³

1. В истории науки и культуры вообще Г[алилей] остался как борец за гелиоцентрическое учение и как предшественник Ньютона. Совершенно иное и определенное в наследии Г[алилея] — его астрономические открытия. Телескоп.

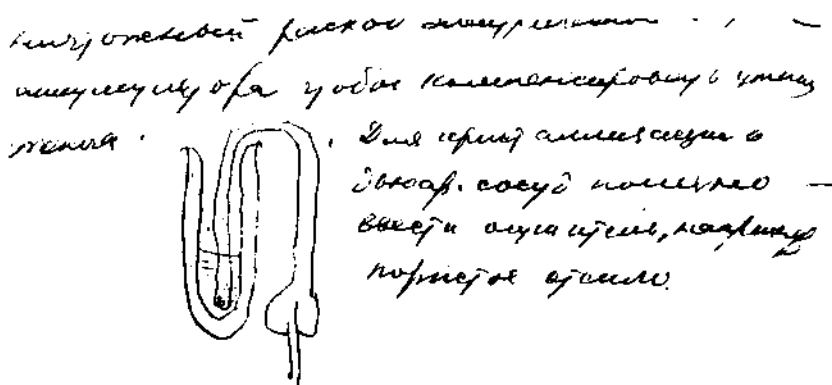
2. История открытия галилеевой трубы. Предпосылки. Предшественники Делла Порта, Леонардо и пр.

3. Новая эпоха в астрономии. Возникновение оптотехники.

4. Философия, психология и оценка открытий. Суд потомства.

[Йошкар-Ола, 11 июня.]

В Йошкар-Оле ток прыгает и колеблется бешеным образом. При таких условиях трудно построить термостат обычного типа. Но положение спасается, по-видимому, комбинацией дьюаровского сосуда и аккумулятора. Вследствие медленной теплоотдачи дьюаровского сосуда достаточен ничтожный расход электрической энергии аккумулятора, чтобы компенсировать утечку тока.



Для кристаллизации в дьюар[овский] сосуд полезно ввести осушитель, например, пористое стекло⁶⁴.

Й[ошкар]-О[ла], 24 июля.

Стоит применить метод Брумберга (т[о] е[сть] перенос цветовых восприятий) в астрономию. Снять таким образом Луну, Солнце в у[льтра]ф[иолетовом] и и[нфра]к[расном] спектре. Хорошо также применить этот метод для усугубления колор-индекса (это вчера на семинаре предложил Максудов⁶⁵).

2 августа. Йошкар-Ола.

По поводу чтения статьи Дирака в Proceedings.

«Отрицательная вероятность», «отрицательная энергия», «отрицательная масса» – как будто бы явно издевательство надо всякой «наглядностью» «Anschaulichkeit», но, с другой стороны, что-то подозрительное. Негатив, конечно, карикатура на позитив, но все же негатив без позитива невозможен. Физик, потеряв наглядность, хватается за анти-наглядность. Это, конечно, тоже эвристически дозволенный метод, если, конечно, он что-нибудь дает. Но у Дирака он дает.

Мир сложнее мозговой машины. Каким образом через нее

перепрыгнуть? Математическая экстраполяция – один метод. Анти-наглядность – другой.

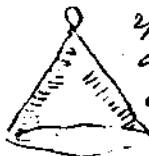
За всем этим кроется серьезное и большое.

Й[ошкар]-О[ла], 22 августа.

Люминесцентные мелочи.

1) Фонарь для хождения по улицам во время затемнения: конус, покрытый внутри щелочно-земельным свет[овым] составом. Конус ~ 15 см вышиной, основа ~ 10 см. Дело в том, что от тако-

зачем-то! Конус, покрытый внутри щелочно-земельным свет. составом. Конус ~ 15 см. вышиной, основа ~ 10 см. Дело в том, что от тако-го конуса свет значительно больше, чем от круга с таким же сечением (проекцией). Такой же фонарь можно применить для прояснения и для других житейских дел. Особенно если замотать магниевой лентой.



2) Указатели, надписи для светомаскировки; 2) Визуально тонкая линия люминесцентной лампы

го конуса свет значительно больше, чем от круга с таким же сечением (проекцией). Такой же фонарь можно применить для прояснения и для других житейских надобностей, особенно если замотать магниевой лентой.

2) Указатели, надписи для светомаскировки: до выключения тока лампа должна быть синей (максимум возбуждения фосфора). При этом получается минимум света в момент горения лампы (удаляется ненужная и даже вредная красная часть) и сохраняется хорошая фосфоресценция.

Й[ошкар]-О[ла], 30 августа.

1) Tellermond*


28 августа в Казани первый раз в жизни наблюдал такую эффектную вещь с Луной. Выйдя из дома № 68 по Б[ольшой] Крас-

* Tellermond (нем.) – тарелка – Луна.

ной из дома, в котором когда-то жил Толстой Л.Н., заглянул направо, за деревьями подымался колоссальный апельсин Луны. Перешел улицу и начал подниматься к Папалекси⁶⁶ на 3-й этаж. Взглянул с 3-его этажа в окно лестничной клетки опять на Луну — она стала почти нормального размера.

2) Несколько раз за последнее время наблюдал странные цветовые эффекты (думаю, связанные с болезненным состоянием моих глаз). Над освещенной (солнцем или ртутной лампой) белой поверхностью, часто перемежающейся черной, я видел странные сине-красные клочья (сине-лазурные, красные, почти цвета гвоздики). Вид примерно такой. В чем дело, не знаю. Есть, конечно, что-то общее с бельмом.

ной (солнцем, или ртутной лампой),
белой поверхностью, часто перемежающейся
черной, я видел странные сине-красные
кочья (сине-лазурные, красные, почти
цвета гвоздики). Вид примерно так
как здесь. В чем дело не знаю.
Есть что-то общее
с бельмом.



Йошкар-Ола. 17 октября.

Люминесцентные колориметры. Давно пора построить колориметр из трех люминесцирующих веществ (например, марганцевого стекла, дающего красное свечение, уранового стекла, светящегося зеленым, и цериевого сине-светящегося стекла). Если освещать эти вещества монохроматическим светом (например, через черное стекло, пропускающее ультрафиолетовые лучи), то получается система в широких пределах не зависящая (в смысле цвета) от возбуждающего света. Подлинный стандарт и эталон цвета. Очень удобно для колориметрии моря, неба и пр.

Й[ошкар]-О[ла]. 18 октября.

В морозы здесь, в Йошкар-Оле, придется, может быть, освещаться так: за окно днем придется поместить в застекленной раме с десятков люминесцирующих (щелочно-земельных) экранов, которые вечером придется вытаскивать в теплую комнату. Это

вполне реально: на морозе фосфор еле высвечивается, а заряжаться будет хорошо.

Йошкар-Ола. 25 октября.

План статьи: «Механические картины мира у Ньютона». (Это не план, а хаотическое содержание.)

- 1) Мировоззрение Ньютона и его эволюция.
 - a) Индуктивная физика принципов.
 - b) Механические гипотезы молодого Ньютона.
 - c) Атомизм Ньютона.
- 2) Механическая картина второй половины жизни Ньютона.
 - a) Пространство, время.
 - b) Иерархическая структура материи.
 - c) Химия и молек[улярная] физика Ньютона.
 - d) Второе издание эфира.
 - e) Пустое пространство.

[1943 г.]

Й[ошкар]-О[ла]. 6 апреля.

Запах можно и нужно измерять. Должен существовать порог запаха, а если так, то доведение запаха до порога (например, отодвижением источника или постановкой фильтров (вроде противозаза)) дает способ количественного его измерения. Можно применить и сравнение, последовательно сравнивая два источника. Нос утомляется, но его можно держать в чистой атмосфере для приведения в порядок. Ввиду огромной чувствительности носа к запахам, на этой основе вероятно можно построить крайне чувствительный метод, пригодный для пахучих веществ. Пахнут и металлы.

Для экономики светосоставов рекомендовал Свешникову ставить гофрированные поверхности. Таким образом достигается усиление в несколько раз.

Йошкар-Ола. 25 апреля.

Интересное замечание в статье В.Л. Гинзбурга «Квантовая теория светового излучения электрона, равномерно движущегося в среде.» (ЖЭТФ. 10. 589. 1940). Но как это вышло непонятно. Да и, пожалуй, наврано. Надо проверить⁶⁷.

Й[ошкар]-О[ла], 9 мая.

*Русские пословицы научного значения*⁶⁸

(Пословицы русского народа. В. Даля. Издание третье. 1904.)

- 1) Свет в храмине от свечи, а в душе от молитвы (I стр.7).
- 2) Живой мертвого бьет, мертвый во всю голову ревет (колокол) (I, 21).
- 3) Не только свету, что в окне (I, 22).
- 4) Как горох к стене не льнет (I, 33).
- 5) Пошел черт по тучу, ан из нее-то и стрельнуло (I, 37).
- 7) Счастливому по грибы ходить (I, 40).
- 8) Лейся беда, что с гуся вода (I, 40).
- 9) Счастье не лошадь: не везет по прямой дорожке (I, 44).
- 10) И месяц светит, когда солнца нет (I, 74).
- 11) Впотьмах и гнилушка светит (I, 74).
- 12) Свет стоит до тьмы, а тьма до свету (I, 88).
- 13) Капля камень долбит. Дятел и дуб продалбливает (I, 89).
- 14) Малая искра города пожигает, а сама прежде всех помирает (I, 97).
- 15) Алмаз алмазом решится [(или: гранится)] (I, 97).
- 16) И у курицы сердце есть (I, 101).
- 17) Не кует тебя, так плющит тебя (I, 134).
- 18) На красный цветок и пчела летит (II, 152).
- 19) От одного порченого яблока целый воз загнивает (II, 154).
- 20) Что посеяно, то и взойдет (II, 157).
- 21) Не родит верба груши (II, 158).
- 22) Так на свете не живет. Так и чирий не сядет (II, 158).
- 23) От малой искры сыр-бор загорается. От копеечной свечи Москва загорелась (II, 159).
- 24) На правду да на смерть, что на солнце: во все глаза не взглянешь (II, 175).
- 25) Дальше солнца не сошлют (II, 199).
- 26) Когда Солнышко взойдет от заката (II, 221).
- 27) Из глаз искры посыпались (II, 242).
- 28) Ночь, как день: дорога, как скатерть – садись да катись (II, 259).
- 29) Свет из очей выкатился. Померк свет в очах (II, 270).
- 30) На семи поясах Бог поставил звездное течение (II, 275).
- 31) Небо – терем Божий, звезды – окна, откуда ангелы смотрят (II, 275).
- 32) Земля на трех китах (рыбах) стоит (II, 275).
- 33) Солнце – князь Земли, Луна – княжна (II, 275).
- 34) Хорошо солнышко: летом печет, а зимой не греет (II, 276).
- 35) Старый месяц Бог на звезды крошит (II, 276).
- 36) Месяц светит да не греет, только напрасно у Бога хлеб ест (II, 276).
- 37) По звездам корабли ходят (II, 276).

- 38) Мётлы (кометы) небо подметають перед Божьими стопами (II, 276).
- 39) Либо дождь, либо снег, либо будет, либо нет (III, 3).
- 40) На то два уха, чтобы больше слухать (III, 31).
- 41) Между двух светил, я в середине один (нос) (III, 33).
- 42) Не грело, не горело, да вдруг осветило (III, 110).
- 43) И собака знает, что травой лечатся (III, 122).
- 44) Видит око далеко, а ум еще дальше (IV, 160).
- 45) Решетом в воде звезд ловить (IV, 184).
- 46) Выменял слепой у глухого зеркало на гусли (IV, 189).
- 47) Радуга ушат воды выпила (IV, 193).
- 48) Сверху небо, снизу земля, а сбоков-то ничего нет, оно и продувает (IV, 192).
- 49) Старый месяц то ж в дело идет, Бог на звезды крошит (IV, 198).
- 50) Не считай звезды, а гляди в ноги: чего не найдешь, так хоть не упадешь (IV, 211).

Й[ошкар-Ола].26. VIII.

Надо написать статьи.

- 1) Для Д.А.Н. Деполяризация фотолюминесценции при затухании⁶⁹.
- 2) Миграция энергии возбуждения в процессах люминесценции для трудов ГОИ⁷⁰.
- 3) Об эффекте Черенкова.

Йошкар-Ола. 23 октября.

План работы лаборатории люминесценции ГОИ на 1944 год.

- 1) Организация изготовления кристаллических фосфоров. (Феофилов, Зелинский, Тимофеева.)
- 2) Усовершенствование методики освещения сеток и шкал оптических приборов и дальнейшее внедрение методики. (Севченко, Свердлов и о.т.л.).
- 3) Изготовление и испытание монохромоскопа (Брумберг, Феофилов.).
- 4) Изготовление и испытания у[льтра]ф[ioletового] микроскопа (Брумберг).
- 5) Люминесценция и рассеяние света в кристаллах и растворах ураниловых солей и строение молекул уранила (Севченко, докт[орская] диссертация⁷¹).
- 6) Экспериментальное изучение природы элементарных излучателей в люминесцентных средах методом интерференции и поляризации (Феофилов).
- 7) Солнечный флуоро-фосфороскоп (Свердлов).

- 8) Новая конструкция фл[уоро]-фосфороскопа для сортировки оптического стекла (Брумберг, Свердлов).
- 9) Зависимость выхода люминесценции от длины волны возбуждающего света для кристаллофосфоров (Вавилов).
- 10) Нелинейный фотометр (основанный на свойстве фосфоров).
- 11) Использование фосфоров для рапид-фотографии.

Й[ошкар]-О[ла]. 31 октября.

О постепенной деполяризации фотолюминесценции в затухающем свечении.

(Черновик статьи)

За последние десятилетия хорошо изучена поляризация свечения растворов в зависимости от вязкости, температуры, концентрации и длины волны возбуждающего света. Без внимания осталось, однако, изменение поляризации свечения от времени в затухающем свечении.

В ряде случаев такое изменение вполне доступно экспериментальному исследованию и может представить, как видно из дальнейшего, большой принципиальный интерес для установления основного характера процессов.

Ниже дается теория постепенной деполяризации свечения при затухании⁷².

Этими записями заканчивается научный дневник С.И. Вавилова за 1935–1943 гг. Среди расчётов на л. 381 находится приводимый ниже список книг.

Читал.

Сентябрь–октябрь 1943 г.

- 1) J. Bertheroy. Le colosse de Rhodes.
- 2) Saillet. Les aventures d'un cadet de famille.
- 3) Пристли. Затемнение в Трозтли.
- 4) В. Розанов. Природа и история.
- 5) J. Barbey d Aurevilly. Les diaboliques.

Ноябрь.

- 1) Lynn Thorndike. A History of magic and experimental sciences, vol. V.
- 2) Pierre Giffard. Les drames de l'air (A l'assaut du ciel).
- 3) Н. Доминик. Der Brand der Cheopspyramide (Атом[ная] энергия) 1927 год.

¹ Эта проблема интересовала С.И. Вавилова многие годы. Из поздних работ см.: *Вавилов С.И.* Некоторые замечания о законе Стокса (1945) // *Собр. соч.* М.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 2. С. 238–245; *Он же.* Фотолюминесценция и термодинамика (1946) // Там же. С. 246–251.

И последняя статья Вавилова, законченная им в начале января 1951 г., посвящена этой проблеме: *Вавилов С.И.* О причинах снижения выхода люминесценции в антистоксовой области / Там же. С. 373–379.

² Так у Вавилова.

³ Длительность послесвечения люминесценции является важным свойством, непосредственно связанным с законом затухания. В связи с этим Вавилов предлагал классифицировать явления люминесценции (см.: *Вавилов С.И.* О законах затухания обратимых явлений люминесценции (1934) // *Собр. соч.* М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. I. С. 391–398; *Вавилов С.И., Шишловский А.А.* Законы затухания фосфоресценции растворов красителей (1934) // Там же. С. 399–408). А. Яблоньский предложил (1935) принципиальную схему процессов длительного свечения, развитую в дальнейшем Г. Льюисом с сотрудниками (1944, 1945). Подробнее об этом см., например: *Левшин В.Л.* Фотолюминесценция жидких и твердых веществ. М.; Л.: Гостехтеоретиздат, 1951. С. 32, 112 и след.

⁴ Закон зеркальной симметрии спектров поглощения и излучения для ряда органических веществ был предложен и обоснован В.Л. Левшиным в работах 1931, 1934, 1935 и 1937 гг.: см.: *Левшин В.Л.* Указ. соч. С. 96–111.

⁵ С.И. Вавилов настаивал на классификации, основанной на законах затухания свечения (см. примеч. 6), в то время как П. Прингсгейм остался в рамках традиционного для его научной молодости разделения люминесценции по признаку длительности свечения.

⁶ См. статью: *Вавилов С.И.* О законах затухания обратимых явлений люминесценции (1934) // *Собр. соч.* Т. I. С. 391–398.

⁷ $f(c) = e^{-\omega Nc}$, где ω – разность объемов сферы действия и кинетической сферы, Nc – число тушащих молекул в 1 см³.

⁸ Это продолжение списка тем (см. запись от 8 сентября 1935 г.).

⁹ *Perrin F.* La fluorescence des solution: Thèse. P., 1929. 97 p.

¹⁰ В довоенной Польше существовала сильная группа исследователей, занимавшихся люминесценцией. Это и глава школы физиков С. Пиньковский, в другой транскрипции Пеньковский (1883–1953), В. Шимановский (1898–?), А. Яблоньский (1898–1980) и другие, работавшие преимущественно в Институте экспериментальной физики Варшавского университета. И первая международная конференция по люминесценции состоялась в мае 1936 г. в Варшаве. Одним из инициаторов ее был Вавилов.

¹¹ Этот метод привлек внимание Вавилова еще в 1920 г. в связи с доказательством существования квантов света (см.: *Вавилов С.И.* Поглощение света ничтожно малых интенсивностей (1920) // *Собр. соч.* Т. I.

- С. 84–87). И позднее он постоянно использовался, например, при изучении явления Вавилова–Черенкова, при измерениях флуктуаций света, при изучении структуры интерференционных полей.
- ¹² Вторая запись в этой тетради за 1936 г. Первая – от 30 марта – была зачеркнута Вавиловым.
- ¹³ Бати-Лиман (по-гречески – глубокий залив) – дачный поселок на западном берегу Ласпинского залива Черного моря, созданный на кооперативных началах группой писателей и юристов в начале XX в.
- ¹⁴ Речь идет о книге: *Madelung E. Die mathematischen Hilfsmittel, des Physiker. 2. verb. Aufl. B., 1925. 284 S.* Русский перевод сделан с шестого издания 1957 г., см.: *Маделунг Э. Математический аппарат физики.* М.: Физматгиз, 1961.
- ¹⁵ Впоследствии эксперименты Л. Рау (1949) не подтвердили наблюдений В. Крама (1935) о характере затухания люминесценции.
- ¹⁶ Речь идет о подготовке третьего (исправленного и дополненного) издания книги. Вышла из печати в 1938 г. Первое издание – 1927 г., последнее прижизненное, пятое – 1950 г. Впоследствии переиздавалась неоднократно.
- ¹⁷ Отчасти план был реализован позднее. См.: *Вавилов С.И. Микроструктура света: Исследования и очерки.* М.: Изд-во АН СССР, 1950. 198 с.; Собр. соч. Т. 2. С. 425–489.
- ¹⁸ Первое упоминание о намерении написать книгу «Методы люминесцентного анализа». Далее Вавилов неоднократно обращается к этой мысли, но кроме плана книги им ничего не было сделано (см., например, запись от 5 февраля 1939 г.). В какой-то мере можно считать, что эту задачу выполнили его сотрудники и ученики. См., например: *Константинова-Шлезингер М.А. Люминесцентный анализ.* М., 1948. Издана по инициативе Вавилова; *Левинич В.Л. Фотолюминесценция жидких и твердых веществ.* М.; Л. 1951: 456 с. Также были изданы при непосредственном участии Вавилова переводы книг Н. Рилля «Люминесценция». (М.; Л., 1946. 184 с.), П. Прингсгейма и М. Фогедя «Люминесценция жидких и твердых тел и ее практические применения» (М., 1948. 264 с.) и, наконец, «Флуоресценция и фосфоресценция» П. Прингсгейма (М., 1951. 623 с.), к которой им написаны содержательные и обширные комментарии.
- ¹⁹ И в данном случае Вавилов ограничился планом книги (см., например, запись от 12 сентября 1938 г.).
- ²⁰ Первое упоминание о желании С.И. написать книгу об И. Ньютоне. Написана уже во время войны (1-е изд. – 1943 г., последнее – 1989 г.)
- ²¹ *Вавилов С.И. По поводу книги академика В.Ф. Миткевича «Основные физические воззрения» // Под знаменем марксизма. 1937. № 7. С. 56–63.*
- ²² *Вавилов С.И. Метод определения истинной поляризации флуоресценции растворов при больших концентрациях (1937) // Собр. соч. Т. 2. С. 22–26.*
- ²³ *Вавилов С.И., Глухов П.Г., Хвостиков И.А. Деполяризация флуоресценции растворов при больших концентрациях (1937) // Там же. С. 27–30.*

- ²⁴ *More L.T.* Isaac Newton. A biography. 1934. 675 p. "Наиболее полное и современное изложение деятельности Ньютона, приведено много документов, частично впервые," – так оценил Вавилов эту книгу. См.: *Вавилов С.И.* Собр. соч. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 4. С. 465.
- ²⁵ Этот вопрос впервые рассмотрел В.Л. Гинзбург в статье «Излучение электрона, движущегося с постоянной скоростью в кристалле» (ЖЭТФ. 1940. Т. 10. С. 608). См. также: *Болотовский Б.М.* Теория эффекта Вавилова–Черенкова // *Успехи физ. наук.* 1957. Т. 62, № 3. С. 201–246.
- ²⁶ По-видимому, августом 1938 г. можно датировать начало работы Вавилова над переводом «Лекций по оптике». Закончил он ее в 1944 г. Это единственный полный перевод оптических лекций Ньютона на живой язык. Издан в 1946 г. в серии «Классики науки».
- ²⁷ Вавилов был инициатором и участником многих публикаций в серии «Классики науки», в том числе и работ по фотометрии, см.: *Бугер П.* Оптический трактат о градации света. М.: Изд-во АН СССР, 1950. 479 с. Статья, послесловие и комментарии А.А. Гершуна, многолетнего коллеги Вавилова по ГОИ. В книгу включен также трактат Ф. Мари «Фотометрия». Перевод выполнен Н.А. Толстым и П.П. Феофиловым.
- ²⁸ Книга Вавилова под таким названием была издана в 1922 г. Возможно, Сергей Иванович думал о ее переиздании в переработанном виде.
- ²⁹ Размышления Вавилова на эти темы, видимо, отражают его желание связать свои исследования с работами по ядерной физике, которые в эти годы проводились в ФИАНе. См.: *Франк И.М.* Начало исследований по ядерной физике в ФИАНе // *С.И. Вавилов: Очерки и воспоминания.* 3-е изд. М.: Наука, 1991. С. 337–345; *Фейнберг Е.Л.* Эпоха и личность: Физики: Очерки и воспоминания. М.: Наука, 1999. С. 137–156; *Визгин Вл.П.* С.И. Вавилов и предыстория советского атомного проекта // *Исследования по истории физики и механики.* 2001. М.: Наука, 2002. С. 81–103.
- ³⁰ Ленардовскими фосфорами называли сульфиды и окислы щелочно-земельных металлов. В 1940-е годы интерес к ним как к объектам исследования уменьшился, с одной стороны, из-за ограниченности их технических применений, а с другой – из-за сложного строения, затрудняющего их использование для чисто научных целей.
- ³¹ Речь, видимо, идет о книге А. Эйнштейна «О специальной и общей теории относительности» в переводе Вавилова, которая издавалась в 1921, 1922 и 1923 гг.
- ³² Алибек – альпинистский лагерь АН СССР в горах Кавказа, расположенный на берегу одноименной реки, которая является одним из истоков притока р. Теберды. Расположен в организованном в 1936 г. Тебердинском заповеднике (Кавказ).
- ³³ Обнаруженное Ф. Вейгертом в 1920 г. явление поляризации флуоресценции растворов красителей.
- ³⁴ В Оксфорде в 1938 г. состоялась по существу вторая (первая – в Варшаве, см. примеч.10) международная конференция по люминесцен-

- ции, на которой явно проявилась тенденция перехода от исследований паров и жидкостей к изучению люминесценции твердых тел.
- ³⁵ Тушением первого рода Вавилов называл тушение, которое устанавливается за время, соизмеримое с периодом колебаний молекулы ($\sim 10^{-12}$ – 10^{-14} сек), тушением второго рода – тушение, зависящее от длительности возбужденного состояния и, следовательно, от свойств, определяющих кинетику среды (см.: *Вавилов С.И.* Выход и длительность флуоресценции (1936) // Собр. соч. Т. 1. С. 424–430 (особенно с. 426–427).
- ³⁶ Докторская диссертация Б.Я. Свешникова «Фосфоресценция органических соединений» (защищена в ГОИ в 1951 г.)
- ³⁷ Несколько десятилетий спустя было показано, что такого рода параметрическое излучение имеет место. См.: *Тер-Микаелян М.Л.* Влияние среды на электромагнитные процессы при высоких энергиях. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1969. 457 с.
- ³⁸ Так у Вавилова; по смыслу следует читать – гасятся.
- ³⁹ Описание Вавилова, надо: $\cos\theta = c_0/cn$.
- ⁴⁰ *Вавилов С.И.* О некоторых случаях интерференции естественных пучков (1932) // Собр. соч. Т. 1. С. 313–319 (особенно с. 314).
- ⁴¹ Санаторий «Барвиха» расположен в ближнем Подмосковье недалеко от одноименной железнодорожной станции Белорусской ж.д.
- ⁴² Ср.: *Вавилов С.И.* Теория концентрационного тушения флуоресценции растворов (1942) // Собр. соч. Т. 2. С. 122–130; *Вавилов С.И., Феофилов П.П.* Теория концентрационной деполяризации флуоресценции в растворах (1942) // Там же. С. 115–121. См. также запись от 28 марта 1940 г.
- ⁴³ Речь идет о первых результатах исследования щелочноборосиликатных стекол и получаемых из них пористых материалов, проводившихся в ГОИ под руководством И.В. Гребенщикова (1887–1953). См.: *Молчанова О.С., Молчанов В.С.* Илья Васильевич Гребенщиков // 50 лет Государственного оптического института им. С.И. Вавилова (1918–1968). Л.: Машиностроение, 1968. С. 627–641.
- ⁴⁴ Далее следует расчет излучения (л. 152–153) и поляризации (л. 153–155) квадруполь. См.: *Вавилов С.И.* Природа элементарных осцилляторов и поляризация фотолюминесценции (1940) // Собр. соч. Т. 2. С. 58–70.
- ⁴⁵ Эти планы Вавилов не осуществил. Но ему удалось увлечь идеей создания книги своего коллегу по ГОИ, см.: *Слюсарев Г.Г.* О возможном и невозможном в оптике. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1944. 100 с.
- ⁴⁶ В какой-то степени этот замысел был претворен в жизнь – некоторым пунктам плана посвящены его отдельные статьи, а совместно с Л.А. Тумерманом им опубликована статья «Природа света» (Наука и жизнь. 1941. № 4. С. 29–36).
- ⁴⁷ В бывшей усадьбе «Узкое» (сейчас уже находящейся в черте Москвы) до настоящего времени находится санаторий Академии наук.
- ⁴⁸ Вавилов отказался от этой идеи и использовал другой метод – метод, основанный на сравнении степени поляризации свечения

элементарных излучателей разной природы (см. статью, указанную в примеч. 44, особенно с. 60).

- ⁴⁹ Записи, сделанные Вавиловым на отдыхе в «Узком» (с 11 июля по 29 июля (л. 196–221); последняя запись в «Узком» от 2 августа 1940 г.), посвящены преимущественно проблеме квадрупольного излучения и его поляризации при продольном наблюдении и наблюдении под углом. 28 июля Вавилов записал: «Целый день просидел над таким вопросом. Кажется мне, что поляризационные формулы будут всегда иметь вид:

$$\rho = \rho_0 f(\eta, \chi)$$

(для данного типа процесса, т.е. напр[имер] дип[оль] → квадр[уполь]). Если будет меняться угол между поглощ[ающей] и излуч[ающей] системой, то это скажется только на ρ_0 , а $f(\eta, \chi)$ останется прежней. Так ли это?»

- ⁵⁰ Публичная лекция под таким названием прочитана в Москве и Ленинграде в январе 1941 г. (Собр. соч. Т. 4. С. 402–422).
- ⁵¹ Лекция прочитана на расширенном заседании философской секции лекторской группы Ленинградского горкома ВКП(б) 16 ноября 1940 г. (Там же. С. 368–387).
- ⁵² Доклад на собрании Отделения истории и философии АН СССР 26 декабря 1940 г.
- ⁵³ Речь идет о книге «Материализм и эмпириокритицизм».
- ⁵⁴ В 1929 г. Вавилов нашел зависимость предельной степени поляризации от длины волны возбуждающего света (см.: *Вавилов С.И.* Новые свойства поляризации флуоресценции жидкостей (1929) // Собр. соч. Т. 1. С. 272–274). А позднее он ввел новую оптическую характеристику люминесцирующих соединений – поляризационный спектр (см.: *Вавилов С.И.* О фотолюминесценции растворов (1945) // Собр. соч. Т. 2. С. 190–217).
- ⁵⁵ См. запись от 9 мая 1943 г.
- ⁵⁶ Доклад прочитан 30 мая 1941 г. (Собр. соч. Т. 2. С. 71–86).
- ⁵⁷ Перевод был осуществлен по предложению Вавилова (см.: *Мари Ф.* Новое открытие, касающееся света. О его измерении и исчислении его ступеней (сокр.пер.) // *Бугер П.* Оптический трактат о градации света. М.: Изд-во АН СССР, 1950. С. 307–318). См. также примеч. 27.
- ⁵⁸ В.П. Линник (1889–1984) – крупный физик и одновременно квалифицированный механик и оптик, академик (1939), сотрудник ГОИ в 1926 г. В 1973 г. награжден Золотой медалью им. С.И. Вавилова. О нем см.: *Коломийцов Ю.В.* Владимир Павлович Линник // 50 лет Государственного оптического института им. С.И.Вавилова (1918–1968). Л.: Машиностроение, 1968. С. 647–653.
- ⁵⁹ См. запись от 12 ноября 1941 г.
- ⁶⁰ См. запись от 30 октября 1941 г.
- ⁶¹ Первая запись в дневнике за 1942 г.
- ⁶² Согласно этому закону Ломмеля люминесцирующий раствор излучает во всех направлениях равномерно.

- ⁶³ Ср.: Вавилов С.И. Галилей в истории оптики (1943) // Собр. соч. Т. 3. С. 235–277.
- ⁶⁴ См.: Молчанова О.С., Гребенщиков И.В. // Журн. общ. химии. 1942. Т. 12. С. 587; а также примеч. 43.
- ⁶⁵ Дмитрий Дмитриевич Максудов (1896–1964) – физик-оптик, член-корреспондент АН СССР (1946). В 1930–1952 гг. заведовал лабораторией астрономического машиностроения ГОИ. Его книга «Астрономическая оптика» (М.; Л.: Гостехтеоретиздат, 1946. 568 с.) закончена в Йошкар-Оле в январе 1944 г. Во втором издании книги (Л.: Наука, 1979) есть очерк о его жизни и деятельности.
- ⁶⁶ Н.Д. Палалекси (1880–1947) – физик, академик (1939). С 1935 г. сотрудник ФИАН (по приглашению Вавилова); был эвакуирован вместе с институтом в Казань. Вавилов написал краткий очерк его жизни и деятельности, см.: Николай Дмитриевич Палалекси. М.; 1941. С. 5–8. (Материалы к биобиблиографии ученых СССР. Сер. «Физики»; Вып. 2).
- ⁶⁷ Далее, исходя из законов сохранения энергии и импульса и из квантовой природы света, Вавилов проверил выкладки Гинзбурга, и убедился, что его работа верна.
- ⁶⁸ Пословицы, отобранные Вавиловым, в большинстве своем с большой натяжкой можно так определить. Скорее, они отражают его мироощущение. См. также запись от 31 января 1941 г. Ссылки на страницы указанного Вавиловым издания верны только для т. I и II.
- ⁶⁹ Опубликована в Докладах АН СССР в 1944 г. (Собр. соч. Т. 2. С. 175–180). См. также запись от 31 октября 1943 г.
- ⁷⁰ Статья «Резонансная миграция энергии возбуждения в процессах люминесценции» опубликована в «Вестнике ЛГУ» в 1946 г. (Собр. соч. Т. 2. С. 252–260). См. также: Вавилов С.И., Галанин М.Д., Пекерман Ф.М. Экспериментальные исследования миграции энергии во флуоресцирующих растворах (1948) // Собр. соч. Т. 2. С. 340–357.
- ⁷¹ А.Н. Севченко защитил докторскую диссертацию «Исследование фотолюминесценции ураниловых соединений» в 1952 г.
- ⁷² Далее на л. 374–382 следуют записи, близкие к тексту статьи (см. примеч. 69).

НЕПРОСТАЯ ИСТОРИЯ¹

*К 75-летию работы Л.Д. Ландау
«Диамagnetизм электронного газа»*

*К 50-летию работы
И.М. Лифшица и А.М. Косевича
«К теории магнитной восприимчивости
металлов при низких температурах»*

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	148
Уровни Ландау?	154
Предсказание осцилляционных явлений	159
Эффект де Гааза–ван Альфена у электронов с квадратичным законом дисперсии	164
Уровни Лифшица – Онсагера	167
Диамagnetизм электронного газа.....	171
Геометризация электронной теории металлов	174
Замечание об эффекте Шубникова – де Гааза	181
Геометризация электронной теории металлов (продолжение).....	182
Для осцилляций магнитное поле не обязательно	186
Теория ферми-жидкости Ландау и фермиология	188
Магнитный пробой	190
Заключительные слова	193
Литература	194

ВВЕДЕНИЕ

Работа Льва Давидовича Ландау [1, 2], вышедшая в 1930 году, сыграла выдающуюся роль в истории электронной физики металлов. С этой работы начинается теоретическое исследование специфических магнитных свойств электронов проводимости.

В те годы физика металлов начала приобретать современные черты. Всего за несколько лет до 1930 года были сформулированы руководящие принципы, на которых основана квантовая теория металлов: в конце 20-х годов Арнольд Зоммерфельд показал,

¹ Перепечатка статьи, опубликованной в виде отдельного оттиска как приложение к журналу «Физика низких температур» (ФНТ. 2006. Т. 32, Приложение). Печатается (с некоторыми изменениями) с разрешения автора и редколлегии ФНТ. [7 Agassiz AvB., N 1, Belmont, MA 02478, USA; E-mail: MKaganov@compuserve.com]

что электроны металла – вырожденный газ, и, используя квантовую статистику, освободил теорию Друде–Лоренца от противоречий. Приблизительно тогда же Феликс Блох и Леон Бриллюэн заложили основы зонной теории. Зонная теория объяснила «свободу» электронов проводимости, показав, что волновая функция электрона в периодическом поле ионов решётки – волна Блоха – модулированная плоская волна с определённым квазиимпульсом \mathbf{p} – вектором, напоминающим импульс. Давая возможность, используя модели, вычислять энергетический спектр электронов (периодическую зависимость энергии электрона ϵ от квазиимпульса \mathbf{p}), зонная теория не отменила, а, скорее, обосновала представление об электронах проводимости (о «свободных» электронах) как о газе свободно перемещающихся по металлу частиц, длина пробега которых заметно превышает размер ячейки кристалла. Следствие зонной теории – зависимость $\epsilon = \epsilon(\mathbf{p}) \neq \mathbf{p}^2/2m$, где m – масса электрона, изменила количественные результаты теоретических расчетов в сравнении с расчетами по теории Друде–Лоренца–Зоммерфельда, но мало повлияла на качественную картину, основной чертой которой была и остаётся делокализация электронов проводимости.



Лев Давидович Ландау
(1908–1968)

Теория магнитных свойств электронов проводимости ограничивалась вычислением в 1927 году парамагнитной восприимчивости вырожденного газа частиц со спином $1/2$ (Вольфганг Паули). Наличие спина делает электрон микроскопическим магнитным диполем, а постоянное магнитное поле ориентирует диполи преимущественно по магнитному полю. Из-за вырождения электронного газа магнитная восприимчивость электронов проводимости мала (при сравнении с восприимчивостью классического газа) и очень слабо зависит от температуры. Явление получило название *парамагнетизма Паули*. Малость паулевской парамаг-



Лев Васильевич Шубников
(1894–1937)

нитной восприимчивости создала впечатление, что диамагнетизм некоторых металлов (висмута, например) может быть результатом превосходства диамагнетизма ионного остова над парамагнетизмом электронов проводимости. Надо помнить, что в это время уже было понятно, что любой атом или ион, не обладающий собственным магнитным моментом, намагничивается так, что его магнитный момент направлен против магнитного поля (*диамагнетизм Ланжевена*, непосредственно связанный с локализацией электронов в атоме²).

Развитие низкотемпературной техники, с одной

стороны, и появление источника сильного магнитного поля, с другой, привело к активному исследованию магнитных свойств металлов при низких температурах. Центрами этих исследований в конце двадцатых и в начале тридцатых годов прошлого века были Кембридж (Англия) и Лейден (Голландия). В Кембридже работал Пётр Леонидович Капица, а в Лейдене работали Ван дер Иоханес де Гааз и Лев Васильевич Шубников. В обеих лабораториях были получены уникальные (по тому времени) результаты, которые вошли в историю физики под именами тех, чьими усилиями они были получены: *закон Капицы, эффекты Шубникова – де Гааза и де Гааза – ван Альфена*. Результаты Капицы и Шубникова – де Гааза на первый взгляд противоречили друг другу. В Кембридже наблюдали монотонную зависимость сопротивления с магнитным полем, а в Лейдене на экспериментальных кривых отчетливо были видны максимумы и минимумы. Потом они получили наименование *осцилляций* или даже *квантовых осцилляций*, но в первых публикациях

² Поль Ланжевен (1872–1947) доказал универсальность атомного диамагнетизма в 1905 году.

термина *осцилляции* не было. Различие в результатах было причиной драматических переживаний. Большого труда стоило разобраться в причине разногласий.



Ван дер Иоханнес де Гааз
(1878–1960)

История экспериментальных открытий, главным образом эффекта Шубникова – де Гааза, описана в статье Б.И. Веркина, С.А. Гредескула, Л.А. Пастура и Ю.А. Фреймана [3]³. Работа де Гааза и ван Альфена [4] была естественным продолжением исследований Шубникова и де Гааза. Авторы были уверены, что немонотонная зависимость должна наблюдаться не только у сопротивления, а что она присуща также термодинамическим величинам. Измерение зависимости магнитного момента монокристаллов висмута от магнитного поля показало, что термодинамические характеристики ведут себя в магнитном поле аналогично сопротивлению. Явление получило название *эффекта де Гааза – ван Альфена*.

Работа Л.Д. Ландау 1930 года ценна не только открытием диамагнетизма ферми-газа свободных электронов, но и *предсказанием* осцилляционных явлений. История построения теории эффекта де Гааза – ван Альфена весьма непростая. Большую и важную роль в ней сыграл Рудольф Пайерлс. Об этом будет здесь рассказано. А завершается история работой И.М. Лифшица и А.М. Косевича 1955 года «К теории магнитной восприимчивости металлов при низких температурах» [5, 6], в которой построена современная полная теория осцилляционных явлений.

К 1955 году было выяснено, что осцилляции термодинамических и кинетических величин при низкой температуре и в доста-

³ В этом же номере некролог Борису Иеремиевичу Веркину (1919–1990). В перечне авторов инициалы и фамилия Б.И. Веркина в чёрной рамке. Статья содержит библиографию из 32 источников.



П.М. Ван Альфен
(1906–1967)

точно сильном магнитном поле – общеметаллическое явление, причём характеристики осцилляций у разных металлов существенно различаются. Развитие модельных вычислительных методов исследования твёрдых тел позволяло определять форму поверхностей Ферми металлов. В большинстве случаев поверхности оказывались достаточно вычурными. Было понимание, что именно электроны, энергия которых равна энергии Ферми, определяют большинство свойств металлов.

Лифшиц и Косевич построили теорию осцилляций, не делая никаких предположений об энергетическом

спектре электронов проводимости (для металлов с поверхностью Ферми любой формы). Это позволило сформулировать алгоритм восстановления формы поверхностей Ферми по данным, полученным в результате экспериментов.

Родилась *фермиология* – важный этап электронной теории металлов.

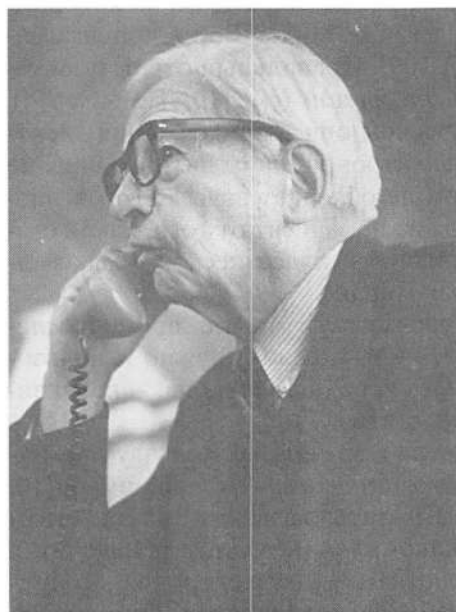
Работа Лифшица и Косевича была удивительно своевременной. Она выявила, что геометрические характеристики поверхностей Ферми определяют измеряемые на опыте величины. В эффектах де Гааза – ван Альфена и Шубникова – де Гааза площади сечений и их производные по энергии – периоды осцилляций и их амплитуды. Подход оказался продуктивным. Он породил много теоретических работ, связавших разнообразные характеристики электронных свойств металлов с геометрическими образами их поверхностей Ферми.

Непростой путь открытия эффекта Шубникова – де Гааза – осцилляционной зависимости от магнитного поля сопротивления монокристаллов металлов при низких температурах – подробно и, я бы сказал, с горечью рассказан в статье четырёх авторов [3]. Горевать было от чего: «6 августа 1937 г. в день возвращения из Крыма, где он (Л.В. Шубников) и Л.Д. Ландау проводили отпуск,

Л.В. Шубников был арестован ...по ложному обвинению». Произошло это в Харькове. «Через месяц он был переведён в Москву, в тюрьму на Лубянку, и 28 ноября 1937 г. осуждён ОСО (Особым совещанием) на «десять лет без права переписки». «Под приговором стоят подписи Ежова и Вышинского. В тот же день Л.В. Шубников был расстрелян» [Там же. С. 1212]. В [7] годе смерти Л.В. Шубникова указан 1945. По-видимому, таковой была лживая версия НКВД. С публикации открытия до расстрела прошло семь лет. Но преследование началось раньше:



Ларс Онсагер
(1903–1976)



Рудольф Пайерлс
(1907–1995)

уже в 1931 году, через год после открытия, Льву Васильевичу не разрешили вернуться в Лейден, чтобы продолжить исследования.

Об аресте Ландау в 1938 году в цитируемой статье не сказано. Не потому, что авторы об этом не знали. Знали, конечно. Но дело в том, что статья посвящена экспериментальным исследованиям и открытиям. Роль Ландау, как бы, в стороне.

В той непростой истории, о которой хочу рассказать, речь пойдет о теории. И Лев Давидович Ландау играл в ней важную роль. Но не только он.

УРОВНИ ЛАНДАУ?

Начало непростой истории создания теории осцилляционных явлений в том же 1930 году, когда Шубников и де Гааз опубликовали своё открытие. Ландау (говорят, что на спор с Вольфгангом Паули) показал, что свободный электронный газ обладает не только парамагнетизмом, который обязан спине электрона, но и диамагнетизмом (см. [1]).

В плоскости, перпендикулярной магнитному полю, каждый электрон движется по окружности, а токовый лепесток обладает магнитным моментом, направленным против поля. Неужели, споря с Ландау, этого не понимал Паули? Понимал, конечно. Но ситуация отнюдь не так очевидна. При наивном подходе радиус r орбиты электрона можно определить из равенства силы Лоренца центробежной силе: $r = mvce/H$, где m , e и v – масса, заряд и скорость электрона, c – скорость света, а H – величина напряженности магнитного поля. Отсюда «магнитный момент должен быть равен $\mu = mv^2/H$. Этот ответ, несомненно, абсурден. Значение μ не зависит от заряда электрона и уменьшается при увеличении магнитного поля, так что магнитный момент μ обращается в бесконечность при $H = 0!$ » Это – цитата из книги Р. Пайерлса [8. С. 108]. Ещё несколько слов из той же книги: «...ошибка давно была объяснена и исправлена Г.А. Лоренцом, на которого ссылается мисс ван Левен [9], а также Нильс Бор в копенгагенской диссертации 1911 г.» [8. С. 109]. Правильный ответ, именуемый иногда *Бора – ван Левен теоремой* (см. [10. Т. 1. С. 99]), состоит в том, что при классическом описании движения электронов свободная энергия газа электронов от магнитного поля не зависит. Такой газ магнетизмом не обладает вовсе. Его магнитный момент равен нулю. Результат не зависит от того, какой статистикой описывать электронный газ: классической – максвелловской или квантовой – Ферми–Дирака.

То, что при рассмотрении диамагнетизма, т.е. при вычислении магнитного момента при $H \rightarrow 0$, можно и нужно использовать *квантованные* (дискретные) уровни электрона, – нетривиальная идея, центральная мысль статьи.

Статья Л.Д. Ландау [1] привела к возникновению двух терминов: *Ландау уровни* и *Ландау диамагнетизм* (см., например, [10. Т. 1. С. 462 и 466]). Автором (Л.Д.) статья названа «Диамагнетизм металлов». Из названия ясно, какой свой результат автор считал главным. Что касается диамагнетизма газа электронов, то присвоение ему имени Ландау абсолютно справедливо. Присвоение имени Ландау уровням энергии электрона в магнитном поле, надо признаться, не так бесспорно.

В том же 1930 году вышла статья Я.И. Френкеля и М.П. Бронштейна «Квантование свободных электронов в магнитном поле» [11] (см. также [12]). Формула (11) этой статьи [12. С. 208] только обозначениями отличается от формулы (8) статьи Л.Д. Ландау. Таким образом, энергию электрона в магнитном поле практически одновременно с Ландау проквантовали Френкель и Бронштейн. В работе Ландау нет ссылки на работу Френкеля и Бронштейна, а у них – на работу Ландау. У Ландау с Френкелем были непростые отношения (об этом сказано в [12]), но Бронштейн был близким другом Ландау. В 1930 году Бронштейн – молодой сотрудник Якова Ильича. Судьбы Бронштейна и Шубникова похожи. М.П. Бронштейн арестован 6 августа 1937 года и расстрелян 18 февраля 1938 года. То, что по ложному обвинению, не стоит добавлять. Если бы не массовость арестов и расстрелов в период Большого террора, то сходство судеб Бронштейна и Шубникова, а также близость дат их ареста и смерти могли бы заставить подумать, что ленинградский и харьковский отделы НКВД действовали согласованно. Так это или не так, не знаю. Знаю, что преступления советского режима сопровождали непростую историю, как и все истории из жизни советских людей, внося трагические черты даже во вполне академические события.

Отвлечёмся временно от того, что не связано с физикой.

Во введении к статье Френкеля и Бронштейна есть ссылка на работу Раби 1928 г. [13]⁴, которая сопровождается следующим замечанием: «Раби показал на основании уравнений Дирака, что квантование свободных электронов в магнитном поле действительно имеет место. Для того, чтобы убедиться, что дискретный ряд уровней энергии свободного электрона, движущегося в магнитном поле, не является одним из парадоксов, связанных с уравнениями Дирака, а соответствует *реальному физическому явлению* (курсив мой. – М.К.), хотя ещё и не обнаруженному экспериментально, полезно показать, что такое квантование неизбежно возникает во всякой форме квантовой теории – как в “полуклассической” механике Бора, так и в волновой механике Шрёдингера и Дирака».

Квантование, естественно, «возникает», что авторы, конечно, и показали. «Оправдание» избранной темы исследования вызывает улыбку. Но надо вспомнить, что Раби использовал реля-

⁴ В том же году вышла работа В.А. Фока [14], в которой получен спектр электронов в магнитном поле и в параболической потенциальной яме. Из неё немедленно следуют значения уровней Ландау. Работа Фока не упоминается ни в работе Ландау, ни в работе Френкеля и Бронштейна. Я благодарен Э.И. Рашбе, который дал мне ссылку на работу В.А. Фока.

тивистское волновое уравнение в том же 1928 году, когда оно было сформулировано Дираком, а в 1930 году ещё сомневались, всем ли следствиям из него можно доверять. Позитрон, открытие которого окончательно убедило в справедливости теории Дирака, был обнаружен в 1932 г., через два года после того, как Френкелем и Бронштейном была написана цитируемая статья.

А вот как Рудольф Пайерлс, сыгравший в этой истории важную роль, описывает исходные положения, использованные Ландау для предсказания диамагнетизма электронного газа: «Чтобы получить ответ (*существует диамагнетизм или нет. – М.К.*), Ландау рассмотрел сначала движение в плоскости, перпендикулярной магнитному полю. Так как классическое движение просто периодическое и уравнения движения линейны, сразу можно сделать вывод, что собственные значения энергии суть

$$E_n = (n + 1/2) (\hbar eH/c) = (2n + 1)\mu H, \quad (1)$$

$$n = 0, 1, 2, \dots,$$

где μ – магнетон Бора» [8. С. 111].

Казалось бы, с этого и можно было начать. Но Ландау делает всё вполне последовательно. Он выбирает наиболее удобный вид для вектора-потенциала, подчеркивает сходство с осциллятором и аккуратно квантует движение электрона в плоскости, перпендикулярной магнитному полю. Дело в том, что для вычисления магнитного момента необходимо знать не только уровни энергии, но и плотность состояний на каждом уровне. Именно для этого и была вся выкладка проделана столь аккуратно (см. формулу (19) в [1]).

Теперь о цитировании работы Френкеля и Бронштейна [11]. В работе 1930 г. Ландау, по-видимому, не мог процитировать их работу, так как, скорее всего, её не знал, как не знали о работе Ландау Френкель и Бронштейн. Сделал и написал Ландау свою работу в Англии, в Кембридже. В командировке за рубежом он находился уже довольно долго. Но если бы даже знал, должен ли был он её цитировать? Скорее, работы Раби и Фока. Или все три?

На протяжении всей своей научной жизни Ландау цитировал только то, что было необходимо для понимания его статей. Похоже, Ландау всегда исходил из того, что автор не обязан заниматься историей науки, а должен донести до читателя тот новый результат, который он получил. Надо признаться, что к *заимствованиям* Ландау относился строго. Естественно, когда заимствовали нечто у него, особенно строго. Но ни о каком заимствовании в данном случае речи быть не может.

Должна ли была быть процитирована работа Френкеля и Бронштейна [11] в «Квантовой механике» [15] Ландау и Лифши-

ца? В § 112 «Движение в однородном магнитном поле» фамилия Ландау упоминается дважды. В начале параграфа: «Определим уровни энергии в постоянном однородном магнитном поле (Л.Д. Ландау, 1930)» [Там же. С. 522]. Всё изложение ведётся так же, как в работе Ландау 1930 г. Следует отметить, что в работе [11] использован другой вид вектора-потенциала, а аналогия с осциллятором вовсе не подчёркнута (ср. со сказанным Пайерлсом). Второй раз сказано, что дискретные уровни энергии «называют уровнями Ландау» [Там же. С. 524]. Хочу подчеркнуть: не *называются*, а *называют* (в третьем лице), что соответствует действительности. В тексте параграфа, правда, выделены слова «уровнями Ландау», а не глагол «называют».

С работой Френкеля и Бронштейна я познакомился по сборнику [12], когда писал статью «Сквозь призму истории» для Вестника Российской академии наук в рубрику «Размышления над прочитанной книгой» [16]. Так как в [12] вопрос об отсутствии в работах Ландау и в «Квантовой механике» ссылок на обсуждаемую работу поставлен, я не обошёл его молчанием. Но, как я там написал, лишь ограничился «постановкой этого вопроса». Хотя мне не хотелось так думать, я считал, что дело в натянутых отношениях между Ландау и Френкелем. Как и многие, я знал, что отношение Ландау к Френкелю было не очень хорошим. Как относился Френкель к Ландау, я не знал. Я не мог понять, в чём причина плохих отношений. Признаться, не понимаю и до сих пор.

Я обратился к Виктору Яковлевичу Френкелю – сыну и историографу Якова Ильича, надеясь, что он сможет разъяснить причину плохих отношений между двумя замечательными физиками. Вот как я описал ответ Виктора Яковлевича: «...не объяснив этих (плохих) отношений, [В.Я.] перечислил несколько поступков своего отца, несомненно доброжелательных по отношению к Ландау ..., и заметил, что, по его мнению, Ландау, начиная с какого-то времени, стал несимпатичен его отцу» [16. С. 846, 847]. В качестве доказательства Виктор Яковлевич привел цитату из письма Якова Ильича: «Я замечаю, что проявляю излишнюю терпимость в оценке научных достижений тех физиков, которые мне несимпатичны...» [12. С. 190]. Как считал Виктор Яковлевич, в большой мере эта цитата относится к Ландау.

В разговорах со мной Виктор Яковлевич, с которым мы дружили, говорил более определённо, подчёркивая неуважительное поведение Ландау по отношению к Якову Ильичу. Мне всегда казалось, что Виктор Яковлевич, безумно любивший отца, несколько преувеличивал серьёзность проступков Ландау (для понимания поведения Ландау полезно прочесть очерк Е.Л. Фейнберга «Два Ландау» [17]). В частности, в отсутствии ссылки на

работу Френкеля и Бронштейна в «Квантовой механике» я не вижу никакого злого умысла.

Полное забвение работы [11] огорчает. В этом есть несомненная историческая несправедливость. Ведь в работе есть по-настоящему оригинальное и опережающее время утверждение: «...электрон в магнитном поле занимает дискретные уровни энергии и при переходе из одного квантового состояния в более низкое испускает монохроматическое излучение..., переходу соответствует только одна длина волны $\lambda_0 = 1,1 \cdot 10^4/H$ (см), где H – напряжённость магнитного поля. Это излучение, ещё не обнаруженное..., является, по-видимому, необходимым следствием квантовой механики» [12. С. 210].

Там, где есть излучение, должно быть и поглощение. Если из цитаты убрать осторожное *по-видимому*, то, по-видимому, это утверждение – одно из первых, а, скорее всего, первое предсказание циклотронного резонанса. Похоже, этот факт прошёл даже мимо В.Я. Френкеля.

Циклотронный резонанс был открыт и изучен как в полупроводниках [18, 19]⁵, так и в металлах, где, благодаря аномальному скин-эффекту, циклотронный резонанс имеет свою специфику, предсказанную М.Я. Азбелем и Э.А. Канером. Поэтому циклотронный резонанс в металлах называют Азбель–Канер-резонансом [21]⁶.

Сначала *циклотронный* резонанс назывался *диамагнитным*, но это название не закрепилось (см. термин «диамагнитный резонанс» в [10. Т. 1. С. 236]). Вспоминаю, что Яков Григорьевич Дорфман, предложивший использовать диамагнитный (циклотронный) резонанс для измерения эффективной массы электронов в полупроводниках, пытался «защитить» термин *диамагнитный резонанс*, утверждая, что не следует именовать физическое явление по названию прибора – циклотрона. И всё же название *диамагнитный резонанс* не закрепилось.

Не могу ответить на вопрос, кто первым употребил термин *уровни Ландау*. Он остался. Похоже, навсегда.

Диамагнетизм электронного газа как результат квантования движения электронов в магнитном поле 75 лет назад, несомненно, предсказал Лев Давидович Ландау.

⁵ Считается, что циклотронный резонанс в полупроводниках независимо предсказали Я.Г. Дорфман [18] и Р. Дингл [19]. Резонанс неоднократно наблюдался (см., например, [20]) и сыграл важную роль в определении энергетического спектра электронов в полупроводниках.

⁶ Теория Азбель–Канер-резонанса подробно изложена в учебниках (см., например, [22] и [23]).

ПРЕДСКАЗАНИЕ ОСЦИЛЛЯЦИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ

Статью [1] Л.Д. Ландау писал в Кавендишской лаборатории, в Кембридже, где Пётр Леонидович Капица проводил исследования зависимости от магнитного поля сопротивления металлов (в частности, и висмута). Публикации с результатами о висмуте вышли из печати в 1928 г. Цикл работ Петра Леонидовича того времени [24] привёл, как известно, к открытию закона Капицы – линейного роста сопротивления металлов с магнитным полем, если магнитное поле достаточно сильное. В это же время в Лейдене Лев Васильевич Шубников и Ван дер Иоханес де Гааз установили, что сопротивление висмута при низких температурах отнюдь не монотонно зависит от достаточно сильного магнитного поля. Хотя рекордно большое магнитное поле было у Капицы, но, как установили в Лейдене, у Капицы были недостаточно хорошие образцы, а температура недостаточно низка. Причина различия была понята. Капица не мог наблюдать осцилляций, или немонотонной зависимости, как тогда называли открытое в Лейдене явление.

Эта, несомненно, драматическая ситуация довольно подробно описана в статье Б.И. Веркина и др.[3]. Не буду её цитировать. Теперь, когда понята, что Шубников и де Гааз наблюдали квантовые осцилляции, в этом различии нет загадки: азотная температура, самая низкая, при которой производил эксперименты П.Л. Капица, слишком высока.

К тому же, как оказалось, и образцы у Капицы были хуже, чем у Шубникова и де Гааза. Чтобы наблюдать осцилляции, Шубников и де Гааз проводили эксперименты при водородной температуре. Выше упоминалось: в 1931 г. Льва Васильевича не выпустили из СССР в Лейден, где он и де Гааз предполагали провести измерения при гелиевой температуре. Отличие от результатов Капицы было бы ещё разительней. Позднее, в 1935 году, без непосредственного участия Шубникова, сопротивление висмута в магнитном поле при гелиевых температурах было измерено [25]. Следует подчеркнуть, что в составе авторского коллектива Лев Васильевич Шубников есть. Очевидно, соавторы хотели подчеркнуть роль коллеги, которому не дали возможности продолжить начатую им и такую успешную работу, а, возможно, де Гааз и Вольф пользовались советами Шубникова. Цикл статей, сообщающих об открытии нового явления, был опубликован лишь в 1930 г. в выпусках «Сообщений физической лаборатории Лейденского университета» (*Leiden Commun.*, ссылки [1–6] в статье Б.И. Веркина и др. [3]). Знал ли Ландау, когда писал работу о

диамагнетизме, что неоспоримо наблюдается немонотонная зависимость от магнитного поля сопротивления и магнитного момента висмута в Лейдене? Я был уверен, что Ландау об этом не знал. Действительно, трудно себе представить, что, зная о наблюдении осцилляций, Ландау высказался бы столь определённо о ненаблюдаемости осцилляций. Не следует умалчивать, что, предсказывая периодическую зависимость магнитного момента, он вполне недвусмысленно замечает, что этот эффект ненаблюдаем.

Приведём цитату из [1]. Записав условие применимости теории диамагнетизма в виде неравенства (32): $\mu H \ll kT$, Ландау утверждает: «Условие (32) перестаёт выполняться при очень низких температурах и в сильных полях. В этом последнем случае могла бы возникнуть сложная нелинейная зависимость магнитного момента от поля, которая к тому же имела бы сильную периодичность по полю. Однако именно благодаря периодичности наблюдение нелинейных явлений вряд ли возможно экспериментально, поскольку из-за неоднородности реальных полей всегда будет происходить усреднение» [2. С. 52] [курсив мой. – М.К.].

Ю.А. Фрейман обратил мое внимание на то, что в 1929 году Ландау посетил Лейден⁷. Невозможно себе представить, чтобы знакомый ему по Ленинграду Л.В. Шубников не поделился с ним своим открытием. Надо подчеркнуть, что Шубников и де Гааз своё открытие оценивали высоко. Краткое сообщение о нём публикуется в Nature [26]. И в лейденской публикации и в Nature в названии статей есть слова *новое явление*.

В чём же дело, почему Ландау об этом не обмолвился? Сказать что-либо вполне определённое я не могу. Можно высказать лишь предположения. Теперь мы знаем, что период предсказанных Ландау осцилляций существенно зависит от размеров поверхности Ферми. Ландау делал оценку исходя из модели Друде–Лоренца–Зоммерфельда. По этой модели плотность электронов проводимости (свободных электронов) должна быть 10^{23} 1/см³. При такой плотности электронов период осцилляций очень мал. В 30-е годы осцилляции с такими периодами действительно были ненаблюдаемы (ни сверхчистых монокристаллов, ни необходимых магнитных полей не было в распоряжении экспериментаторов). Заметим к тому же, что в публикациях Шубникова и де Гааза слова *осцилляции* не было. Авторы считали своим открытием немонотонную зависимость характеристик висмута от магнитного поля, наличие минимумов и максимумов. Лейденские кривые значительно отличались от того, что следо-

⁷ Электронное письмо от 21 ноября 2005 г. в мой адрес. Я очень благодарен Юре Фрейману за важное разъяснение.

вало из оценок Ландау. Похоже, Ландау не мог себе представить, что природа открытых в Лейдене явлений та, о которой он упоминает в приведённом отрывке из работы [1].

Возможно, есть еще одна причина умолчания результатов Шубникова и де Гааза. Линейная зависимость от магнитного поля сопротивления уже как бы прошла проверку временем (с момента опубликования Капицей своих результатов прошло два года), а статьи с описанием немонотонных зависимостей либо только вышли из печати, либо даже ещё не были опубликованы. Любопытно, что Ландау в работе [1], упоминая о линейной зависимости сопротивления, не приводит ссылку на опубликованную работу П.Л. Капицы (см. ниже). Подчеркнём: хотя Ландау в статье [1] 1930 г. сомневался в возможности наблюдения осцилляций, он понимал, что квантование энергии электрона должно привести к существованию осцилляционных явлений. Не теоретики, а экспериментаторы должны найти возможность и объекты, которые позволят обнаружить явление. Экспериментаторы в дальнейшем блестяще справились с этой задачей. Будем точны: в работе [1] Ландау говорит не об эффекте Шубникова – де Гааза, а об эффекте де Гааза – ван Альфена. По-видимому, эта работа несколько опередила публикацию де Гааза и ван Альфена. Описание экспериментального открытия «сложной нелинейной зависимости магнитного момента от поля» авторы опубликовали в том же 1930 г. и снова в *Leiden Commun.* Несомненно, что Ландау полученные в Лейдене результаты Шубникова – де Гааза не трактовал как осцилляции. Для меня остаётся открытым вопрос, знал ли Ландау о наблюдении немонотонной зависимости магнитного момента от магнитного поля. Экспериментаторы (Шубников и де Гааз), наблюдавшие осцилляции, не только не знали природы явления, но и не произнесли слова *осцилляции*.

Хочется обратить внимание на интуицию, которую проявили как Шубников и де Гааз, так и Ландау. Все они прекрасно понимали, что должна быть корреляция между зависимостями от магнитного поля магнитного момента и сопротивления металла. Понимали до того, как теория обоих явлений была построена. Знай Ландау, что осцилляционные явления наблюдаются, их теория была бы опубликована на несколько лет раньше, чем опубликована была фактически, а с её публикацией не возникли бы драматические осложнения.

Как уже отмечалось, открытие нового макроскопического квантового явления – осцилляций с магнитным полем электронных характеристик металлов – знаменует начало нового этапа в изучении нормальных (несверхпроводящих) металлов. Теперь мы знаем, что осцилляционные эффекты необычайно информа-

тивны. Форма поверхностей Ферми большинства металлов установлена путём исследования осцилляционных явлений. Но ещё до того, как началось планомерное восстановление формы ферми-поверхностей по периодам осцилляций, эффекты Шубникова – де Гааза и де Гааза – ван Альфена привлекали внимание тем, что в каждом металле осцилляционные эффекты выглядели непривычно индивидуально. Вспомним, что по большинству свойств – таких, как сопротивление, теплопроводность, поверхностный импеданс, теплоёмкость, все металлы похожи друг на друга.

В учебниках и монографиях диамагнетизм (вместе с эффектом де Гааза – ван Альфена) и гальваномагнитные явления (вместе с эффектом Шубникова – де Гааза) излагаются в разных частях теории твёрдого тела: диамагнетизм и эффект де Гааза – ван Альфена – в статистической термодинамике, а гальваномагнитные явления и эффект Шубникова – де Гааза – в кинетике, хотя все эти явления – различные следствия одного и того же: влияния силы Лоренца на движение электронов проводимости.

Естественно, занимаясь в Кембридже исследованием поведения свободных электронов в магнитном поле, Ландау задумывался о результатах П.Л. Капицы. В статье об этом сказано: «В заключение я хотел бы высказать *предположение*, что изученное явление может прояснить причины открытого П.Л. Капицей эффекта линейного изменения сопротивления в магнитном поле» [2. С. 55]. Слово *предположение* выделил я, чтобы подчеркнуть неполную уверенность автора в справедливости своего высказывания. Теперь известно, что монотонная зависимость сопротивления от магнитного поля не связана с квантованием движения электронов проводимости в плоскости, перпендикулярной магнитному полю. Существенную роль играет характер закона дисперсии электронов и, в частности, топология поверхности Ферми металла [22, 23].

Приведём из работы [1] ещё два важных замечания.

Во-первых, как сказано там, в малых полях зависимость сопротивления от магнитного поля должна быть квадратичной (квадратичная зависимость – следствие симметрии кинетических коэффициентов, чего Ландау не разъясняет).

Во-вторых, приведена оценка, какое поле надо считать большим. Оценка сформулирована в виде неравенства

$$H \gg ec(N/V)\rho \quad (2)$$

((40) в [1]), где ρ (у Ландау R) – удельное сопротивление рассматриваемого кристалла. Это неравенство совпадает с неравенством

$l \gg r_H$, где l и r_H – длина свободного пробега и радиус орбиты в магнитном поле фермиевских электронов. В статье это отмечено. Большая длина пробега по сравнению с радиусом орбиты обеспечивает электрону возможность несколько раз обойти вокруг магнитных силовых линий, что существенно и при описании осцилляционных эффектов (де Гааза – ван Альфена и Шубникова – де Гааза), и в «классической» теории гальваномагнитных явлений. Важно то, что неравенство записано Ландау через удельное сопротивление. Оно предвосхищает на восемь лет формулировку *правила Колера* [27].

Правило Колера позволило упорядочить данные по магнетосопротивлению и сформулировать общие утверждения о поведении различных металлов в магнитном поле. Это было весьма существенно для теории гальваномагнитных явлений и помогло при сравнении теории с экспериментом (см. [22, §§ 27, 28]).

Напомним: согласно правилу Колера

$$\Delta\rho = [\rho(H) - \rho(0)]/\rho(0) \quad (3)$$

следует представлять как функцию $H_{эфф} = H[\rho_{273}/\rho(0)]$. Обозначения таковы: ρ_{273} – константа данного *металла* – удельное сопротивление при температуре 273 К, $\rho(H)$ – удельное сопротивление в поле H , а $\rho(0) = \rho(H = 0)$ – удельное сопротивление *образца* при $H = 0$, в обоих случаях – при температуре эксперимента. При низкой температуре $\rho(0)$ и $\rho(H)$ зависят от состояния образца (его чистоты, наличия или отсутствия дислокаций и пр.). Эффективное магнитное поле $H_{эфф}$ с точностью до численного множителя, общего для всех образцов данного металла, совпадает с отношением l/r_H (см. выше).

В конце статьи Л.Д. Ландау пишет: «Поле (40) находится в хорошем согласии с критическим полем в опытах П.Л. Капицы, что можно рассматривать как подтверждение теории (см. выше. – М.К.). Построить количественную теорию мне пока не удалось».

Эта грустная констатация, сделанная 75 лет назад, напомнила мне события 50-летней давности. Руководитель Криогенной лаборатории УФТИ Борис Георгиевич Лазарев любил подчёркивать, что теоретики не всегда правы. На семинаре Криогенной лаборатории, когда там докладывалась теория гальваномагнитных явлений [28, 29], БГ заметил: «А Ландау-то считал занятие гальваномагнитными явлениями зоологией». Зоологией Ландау называл получение и собирание большого количества опытных данных, не подкреплённых связывающей идеей. Действительно, долгое время Ландау не поддерживал экспериментальные исследования гальваномагнитных свойств металлов, считая, что получаемые экспериментальные данные мало информативны.

Когда теория гальваномагнитных явлений рассказывалась Ландау, то обратила на себя внимание его необычная придирчивость. Казалось, ему не верится, что удалось построить теорию, свободную от упрощающих предположений об электронном спектре. Когда Ландау убедился, что результаты верны, он высоко оценил работу и подчёркивал её значение. Неужели в течение 25 лет Ландау ощущал огорчение, что ему не удалось построить количественную теорию гальваномагнитных явлений?! Заметим, что теория гальваномагнитных явлений разъяснила природу закона Капицы (см., например, [30, 23]; в обоих источниках есть ссылки на оригинальные работы).

ЭФФЕКТ ДЕ ГАЗА – ВАН АЛЬФЕНА У ЭЛЕКТРОНОВ С КВАДРАТИЧНЫМ ЗАКОНОМ ДИСПЕРСИИ

В «Курсе теоретической физики» Ландау и Лифшица теория эффекта де Гааза – ван Альфена изложена дважды: в обеих частях Статистической физики (в первой части [31, § 60] и во второй – [32, § 63]). В первой части выведена формула осцилляционной зависимости магнитного момента газа свободных электронов в магнитном поле, а во второй части изложена теория эффекта де Гааза – ван Альфена металлов, у которых электроны проводимости – квазичастицы-фермионы, закон дисперсии которых произволен.

В первой части после получения выражения для осциллирующей части магнитного момента свободного газа электронов стоит: (*Л.Д. Ландау*, 1939), но после фразы «Эта функция осциллирует с большой частотой» есть подстрочное примечание: «Эффект осцилляций намагниченности был качественно предсказан *Ландау* (1930). Это явление в металлах называют эффектом де Гааза – ван Альфена» [31. С. 205]. Качественным предсказанием эффекта осцилляций авторы считают приведенную выше фразу из статьи Ландау «Диамagnetизм электронов» [1].

В Собрании трудов Л.Д. Ландау упоминается лишь одна работа, датированная 1939 г., – «Об эффекте де Гааза – ван Альфена» ([2. С. 317]. В примечании к названию статьи указано: «Приложение к статье Д. Шёнберга, *Proc. Roy. Soc. A170, 363 (1939)*»).

Статья начинается следующей фразой: «Для получения формулы для магнитной восприимчивости при низких температурах (в изотропном случае) мы начнем с уравнений (17) и (18) работы Блэкмана [1]...» В списке литературы стоит: «[1] *Blasman, Proc. Roy. Soc. A166, 1 (1938)*». И кончается текст упоминанием

статьи Блэкмана: «Переход к анизотропному случаю производится аналогично тому, как это сделано в статье Блэкмана...» [2. С. 319].

Ссылка на работу Блэкмана выдаёт автора текста Приложения. Это, несомненно, Р. Пайерлс. В его книге «Сюрпризы в теоретической физике», в которой кратко изложена теория эффекта де Гааза – ван Альфена [8. § 4.4], есть историческая справка. Приведу её полностью: «Осцилляционное поведение было отмечено Ландау в его первой работе по диамагнетизму, но он считал, что на практике эти осцилляции ненаблюдаемы. Поэтому открытие осцилляций в Вi де Гаазом и ван Альфеном показалось совершенно таинственным. Затем автор этой книги (Р. Пайерлс), пропустив или забыв замечание Ландау, предложил квантование орбиты как источник эффекта и проиллюстрировал это грубыми численными расчётами, которые позднее были продолжены Блэкманом. *Использование формулы суммирования Пуассона было предложено Ландау* (курсив мой. – М.К.). Более полное изложение вопроса см. в книге Д. Шёнберга [33]» [8. С. 117].

Всё – правда, но не вся правда. С апреля 1938 г. до апреля 1939 г. Ландау находился под арестом. История его освобождения героическими усилиями Петра Леонидовича Капицы хорошо известна. К страданиям в застенках Лубянки невозможность опубликовать теорию эффекта де Гааза – ван Альфена для Ландау мало что добавила. Д. Шёнберг в этот злополучный год заканчивал свою работу по исследованию квантовых осцилляций в Вi в Институте физических проблем, используя знаменитый капицевский магнит. По-видимому, вместе со своими записями он вывез черновик работы Ландау. Этот черновик и лёг в основу Приложения к статье Шёнберга.

И ещё одно дополнение – цитата из воспоминаний Александра Ильича Ахиезера: «...я был потрясён его математическим талантом..., когда Ландау занялся теорией эффекта де Гааза – ван Альфена... Для описания этих осцилляций Ландау применил некий приём, который нам сперва был непонятен. За разъяснением я обратился к моему брату [к математику Науму Ильичу Ахиезеру. – М.К.], и он объяснил мне, что Ландау, по сути, пришёл независимо к знаменитой формуле Пуассона, о которой он ничего не знал» [выделено мною. – М.К.] [34. С. 48].

Конечно, в «Сюрпризы в теоретической физике» теория эффекта де Гааза – ван Альфена попала не из-за осложнений с её публикацией. Р. Пайерлс посчитал сюрпризом то, как легко справился Ландау с трудностью, обязанной тому, что эффект описывается функцией с существенной особенностью, для вычисления

которой нельзя использовать теорию возмущений, хотя в задаче есть малый параметр. В дальнейшем использование формулы Пуассона при рассмотрении осцилляционных явлений в ферми-системах стало традиционным. Перечитывая главу из книжки Рудольфа Пайерлса, поражаюсь скромности и чуткости автора. По сути, его усилиями не только метод расчёта осцилляций, использованный Ландау, занял подобающее ему место в истории физики, но и замечание 1930 года превратилось в предсказание осцилляционных явлений. Несомненно, его (и Блэкмана) «грубые численные расчёты» были необходимы Д. Шёнбергу, чтобы превратить наблюдение немонотонных зависимостей в чётко выраженные квантовые осцилляционные явления. Конечно, слава первооткрывателям, но что было бы с их открытиями, если бы за ними не шли последователи?!

Я общался и с Р. Пайерлсом, и с Д. Шёнбергом. Пайерлс даже был у нас дома, в Москве. Общение с обоими доставило большое удовольствие. Какая-то особая интеллигентность отличала обоих. В письмах мы обсуждали некоторые возникавшие при редактировании переводов вопросы. Их замечания всегда были доброжелательными и при этом вполне чёткими, разговоры с ними – искренними и доверительными. Не стоит забывать, что происходили они в достаточно жёсткие времена. Не только Пайерлс, но и Шёнберг бережно относился к памяти Ландау, ценил всё, сделанное им. Обидно читать в короткой биографии Дэвида Шёнберга, помещённой в биографическом справочнике: «Открыл эффект де Гааза – ван Альфена на многих металлах, построил (1939) его теорию и использовал для определения формы и размеров поверхности Ферми металлов» [7. С. 300] [выделено мною. – М.К.]. Всё, сказанное после запятой, неверно. То, что построение теории эффекта де Гааза – ван Альфена приписано Шёнбергу, объясняется просто: ведь теория Л.Д. Ландау изложена в Приложении к работе Шёнберга 1939 г. Она-то и приписана Шёнбергу. Но и конец фразы ошибочен: в 1939 году не была ещё построена теория эффекта де Гааза – ван Альфена для металлов с поверхностями Ферми произвольной формы. В Приложении (в работе Ландау) выведены формулы, пригодные для металла, поверхность Ферми которого – эллипсоид или несколько эллипсоидов.

Во второй части «Статистической физики» изложению теории эффекта де Гааза – ван Альфена предшествует замечание: «Осциллирующая часть намагниченности определяется, как мы увидим, лишь электронами проводимости в окрестности ферми-поверхности и может быть рассмотрена в общем виде (И.М. Лифшиц, А.М. Косевич, 1955). Именно эта часть и будет интересовать нас здесь» [32. С. 308].

УРОВНИ ЛИФШИЦА–ОНСАГЕРА

В 1955 году (50 лет назад) вышла подробная работа [5], которую имеют в виду Е.М. Лифшиц и Л.П. Питаевский. Во Введении И.М. Лифшиц и А.М. Косевич аккуратно перечисляют все известные им работы предшественников по теории эффекта де Гааза – ван Альфена. Воспроизведём часть Введения с небольшими купюрами:

«Периодическая зависимость магнитной восприимчивости от поля при низких температурах (эффект де Гааза – ван Альфена)... наблюдается для большого числа металлов (в работах кембриджских и харьковских физиков. – М.К.) и может считаться общеметаллическим свойством. Между тем количественная теория этого эффекта была до последнего времени разработана только для случая электронного газа с квадратичным законом дисперсии [2*] (здесь [35]), [2*a] (здесь [36–39]). Квадратичный закон дисперсии для электронов в металле справедлив лишь у дна ... энергетической зоны и может быть использован при рассмотрении свойств металлов, имеющих малое число электронов проводимости (например, висмут). В общем случае нет оснований пользоваться квадратичным законом дисперсии, вследствие чего представляется существенным выяснение того, в какой мере особенности эффекта связаны с законом дисперсии электронов. Некоторые качественные соображения по этому поводу были высказаны в работе [3*] (здесь [40]). Количественная теория была дана в работе авторов [4*] (здесь [41]).

Данная статья содержит подробное изложение результатов, опубликованных ранее в кратком сообщении [4*] и дополненных учётом спинового парамагнетизма (учёт спинового парамагнетизма в случае квадратичного закона дисперсии был произведён в работах [2*a] (здесь [36–39]))» [5. С. 27]⁸.

Из этой цитаты следует, что теория фактически была построена не в 1955, а в 1954 году. Это стоит иметь в виду, иначе возникают противоречия. В книге «Избранные труды» И.М. Лифшица [6], которую мы уже цитировали, работы расположены в хронологическом порядке. Если не учитывать работу [41], то может возникнуть впечатление, что работы, *развивающие* теорию эффекта де Гааза – ван Альфена (в частности, работа [42] с А.В. Погореловым о восстановлении электронного энергетического спектра по квантовым осцилляциям), сделаны до того, как построена сама теория. С другой стороны, учёт спинового расщепления уровней энергии отличает работу [5] от её краткого изложения [41], что делает именно 1955 год годом создания теории эффекта де Гааза – ван Альфена.

⁸ Чтобы не путать ссылки на литературу в данной и цитируемой статьях, номера ссылок в цитатах даются со звёздочкой.



Илья Михайлович Лифшиц
(1917–1982)

Я не знаю, была ли известна Шёнбергу работа Ахиезера 1939 г. [36]. Мне хочется думать, да. Тогда Шёнберг мог на неё сослаться, но, по-видимому, вполне сознательно поместил в Приложение к своей статье теорию Ландау. Ландау находился в тюрьме, Дэвид Шёнберг хотел подчеркнуть, что не забывает коллегу и друга. И это его чувство разделял с ним Р. Пайерлс.

По воспоминаниям А.И. Ахиезера ясно, что он, Ахиезер, делал работу по теории эффекта де Гааза – ван Альфена под непосредственным руководством Ландау. Могу себе представить переживания

Александра Ильича, которому обстоятельства не позволили упомянуть в работе своего учителя.

Работа И.М. Лифшица и А.М. Косевича «К теории магнитной восприимчивости металлов при низких температурах» [5] сыграла выдающуюся роль. Прежде всего, тем, что в ней сформулирован алгоритм для расшифровки энергетического спектра электронов. Возникла возможность экспериментального определения формы поверхности Ферми $\epsilon(\mathbf{p}) = \epsilon_F$ и значений скоростей v электронов на ней. Особенно важна была возможность определения формы поверхности Ферми. В этом смысле наиболее очевидный результат теории – формула, связавшая период осцилляций $\Delta(1/H)$ с экстремальной площадью сечения поверхности Ферми плоскостью, перпендикулярной магнитному полю (обозначим её $S_{\text{ext}}(\epsilon_F)$):

$$\Delta(1/H) = 2\pi e \hbar / c S_{\text{ext}}(\epsilon_F). \quad (4)$$

Площадь сечения изоэнергетической поверхности плоскостью, перпендикулярной магнитному полю \mathbf{H} ($H_x = 0$, $H_y = 0$, $H_z = H$), есть функция ϵ и p_z :

$$S = S(\epsilon, p_z) \text{ а } S_{\text{ext}}(\epsilon_F) = S(\epsilon_F, p_z^m),$$

экстремум вычисляется по p_z , при $p_z = p_z^m$ производная $\delta S(\epsilon_F, p_z) / \delta p_z$ равна нулю.

В настоящее время поверхности Ферми практически всех металлов и многих интерметаллических соединений известны. Хотя, несомненно, важную роль играли и модельные расчёты, но используемые экспериментальные методы в большой степени основываются на формуле (4).

То, что осцилляционные эффекты были осознаны как общеметаллическое явление, – заслуга физиков-экспериментаторов Харькова (Украина) и Кембриджа (Англия). Исчерпывающая теория эффекта де Газа – ван Альфена, пригодная для восстановления формы поверхности Ферми металлов, была создана в Харькове. Тогда же в Харькове И.М. Лифшиц и А.В. Погорелов [42] показали, что задача воссоздания формы ферми-поверхности по зависимости периодов осцилляций $\Delta(1/H)$ от направления магнитного поля \mathbf{H} имеет (при определённых предположениях) *аналитическое* решение. Ими же было показано, что температурная зависимость амплитуд осцилляций позволяет восстановить скорости фермиевских электронов.

Казалось бы, близость теоретиков и экспериментаторов, занятых одной проблемой, могла бы привести к тому, что именно Харьков станет центром планомерных исследований по определению электронного спектра металлов с использованием осцилляционных явлений. Центр возник, но ... «нет пророка в своём отечестве».

Восстановлением ферми-поверхностей металлов по периодам осцилляций занялись физики школы Д. Шёнберга – его ученики и сотрудники, прежде всего в Кембридже. Теперь, когда прошло много лет после описываемых событий, можно с большой долей уверенности сказать, что физики-экспериментаторы в Харькове отвлеклись, занявшись не слишком важными и до сих



Арнольд Маркович Косевич
(1932–2006)



Дэвид Шёнберг
(1921–2005)

пор не востребованными подробностями осцилляционных явлений, потратили много времени на описание кривых и их огибающих вместо того, чтобы главное внимание уделить детальному измерению анизотропии периодов осцилляций. Именно анизотропия периодов, то есть зависимость периодов от направления магнитного поля H , даёт возможность восстанавливать форму поверхностей Ферми металлов.

Построение теории эффекта де Гааза – ван Альфена, естественно, не ограничивается вычислением периодов осцилляций. Лифшиц и Косевич, считая электроны проводимости

идеальным газом фермионов с произвольным законом дисперсии, вычислили осциллирующую часть термодинамического потенциала Ω – функцию химического потенциала ζ_e электронов проводимости. Условиями наблюдения осцилляционных эффектов служат усиленные неравенства $\mu H \ll \zeta_e$ и $kT \ll \zeta_e$. Химический потенциал при этом с большой точностью равен энергии Ферми ($\zeta \cong \epsilon_F$). Неравенства позволяют использовать метод перевала. Метод перевала выделяет электроны с энергией порядка энергии Ферми ϵ_F и обеспечивает справедливость формулы (4). Очень важно, что вычисленный таким образом с помощью формул термодинамики магнитный момент металла (формулы (2.17) и (2.18) в [5]) определяется электронами поверхности Ферми. Остальные электроны оказываются неэффективными.

Амплитуда осцилляций весьма чувствительна к соотношению между μH и kT . При $\mu H \ll 2\pi^2 kT$ всеми гармониками, кроме основной, можно пренебречь, что делает её особенно удобной для анализа.

ДИАМАГНЕТИЗМ ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА

Кроме осциллирующей части, магнитный момент \mathbf{M} металла содержит монотонную часть, линейно стремящуюся к нулю при $\mathbf{H} \rightarrow 0$ ($\mathbf{M} = \kappa \mathbf{H}$, в общем случае $M_i = \kappa_{ik} H_k$). Будет ли магнитная восприимчивость κ больше или меньше нуля, зависит от соотношения между пара- и диамагнитными её слагаемыми ($\kappa = \kappa_{\text{пара}} + \kappa_{\text{диа}}$, $\kappa_{\text{пара}} > 0$, $\kappa_{\text{диа}} < 0$). У многих металлов $\kappa_{\text{пара}}$ и $|\kappa_{\text{диа}}|$ одного порядка. В то время как парамагнитная восприимчивость создается электронами с энергией порядка энергии Ферми, диамагнитная восприимчивость создаётся всеми электронами; даже электроны заполненных зон и ионного остова дают в неё вклад.

В работе [5] есть Приложение (с. 37–39), в котором вычисляется \mathbf{M} при $\mathbf{H} \rightarrow 0$. Полученные выражения (формулы (П.1) и (П.2)) сопровождаются следующим справедливым замечанием: «Эти выражения должны описывать постоянную часть диамагнетизма электронного газа. В случае квадратичного закона дисперсии... (П.2) переходит в известную формулу Ландау. Однако в общем случае наши формулы для постоянной части диамагнитной восприимчивости могут оказаться неверными, поскольку нельзя пользоваться квазиклассическими уровнями энергии в окрестности $S(\epsilon, p_z) = 0$...» [Там же. С. 39].

Вычисление диамагнитной восприимчивости электронов незаполненных зон (электронов проводимости) если и возможно, то только, исходя из какой-либо модели, с помощью термодинамической теории возмущений по магнитному полю, что и было сделано в работах [43–47]⁹. Однако и результаты этих работ вызывают сомнения, о чём будет сказано ниже при обсуждении описания электронов проводимости теорией ферми-жидкости Ландау.

Небольшое отступление, позволяющее продемонстрировать необычный взгляд на диамагнетизм Ландау. Обычно подчёркивают различную природу диамагнетизма Ландау и диамагнетизма Ланжевена (см. [31. § 52 и, особенно, 1-е примечание на с. 181]). Выводя формулу Ланжевена, отмечают «жесткость» волновой функции электронов в атоме: слабое магнитное поле не может изменить характер движения электронов в атоме. Причина – дискретность уровней энергии.

Формула Ланжевена содержит сумму $\langle r_a^2 \rangle$, где индекс «а» нумерует электроны. Вычисление средних значений надо произ-

⁹ Я благодарен И.В. Свечкарёву, который указал мне ссылки [45–47].

водить, используя волновые функции при $H = 0$. Приведем несколько слов из подстрочного примечания: «...диамагнетизм имеет квантовую природу, хотя квантовая постоянная \hbar не входит в формулу (Ланжевена) явно: в действительности ею определяются “размеры” атома» [Там же. С. 181]. После этого показано, почему без использования квантовой механики вообще нельзя описать магнитные свойства макроскопических систем (без ссылки на Лоренца, Бора и ван Левен). Добавим к этому, что если в формулу (52.7) подставить вместо $\langle r_a^2 \rangle$ борковский радиус $a = \hbar^2/mc^2$, а потом устремить $\hbar \rightarrow 0$, то, как и должно быть, диамагнитная (ланжевеновская) восприимчивость обратится в нуль.

При выводе формулы Ландау используют уровни Ландау. Но, по-видимому, можно поступить иначе, начав так, как при выводе формулы Ланжевена. До конкретизации значений $\langle r_a^2 \rangle$ можно не уточнять, какому ансамблю принадлежат электроны.

Итак, начнём с формулы $\chi = -(e^2/6mc^2)\Sigma_a \langle r_a^2 \rangle$. Эта формула справедлива, если пренебречь анизотропией, которая при таком грубом подходе играет второстепенную роль (ср. формулу (52.7) с формулой (52.2) в [31]). Ферми-газ локализует частицу в области пространства, линейные размеры которого $\sim n^{-1/3}$, где n – число электронов в единице объёма. Если это так, то

$$\chi \cong -(e^2/6mc^2)n(n^{-2/3}) = -e^2 n^{1/3}/6mc^2.$$

С точностью до численного множителя полученная формула совпадает с формулой Ландау, если в ней выразить фермиевский импульс p_F через плотность электронов n . Потеря численной точности компенсируется большей наглядностью, из-за чего, возможно, могут быть сняты некоторые вопросы, возникающие при применении формулы Ландау к реальному электронному газу в металле.

В формуле Ландау отсутствует постоянная Планка, отсутствует она и в формуле для парамагнитной восприимчивости Паули, если обе восприимчивости выразить через плотность электронов n . В используемых обозначениях формула Паули имеет следующий вид: $\chi = e^2 n^{1/3}/4\pi^{4/3} mc^2$. В обеих формулах не только отсутствует постоянная Планка, но в них не входит величина, которая, как r_a для атома, стремится к нулю при $\hbar \rightarrow 0$. Всё же, конечно, обе формулы – квантовые. Они не допускают предельного перехода к классике. Дело в том, что по условию вывода формул изменение энергии, обязанное действию магнитного поля, должно быть много меньше энергии основного состоя-

ния. В обоих случаях это означает, что выполняется следующее неравенство: $\mu H \ll \epsilon_F$, где $\mu = e\hbar/2mc$ – магнетон Бора, а ϵ_F – энергия Ферми. Левая часть последнего неравенства пропорциональна \hbar , а правая – \hbar^2 . Предельный переход к классике невозможен!

Если оценка области локализации электрона справедлива, то становится очевидным, что законность формулы Ландау не зависит от отношения r_H/l , где l – длина свободного пробега электрона, а r_H – радиус его орбиты в магнитном поле (см. выше). Важно только то, что из-за квантовой жёсткости системы электронов при $H = 0$ можно применять теорию возмущений для вычисления изменения энергии электронов под действием магнитного поля. Предлагаемый вывод, конечно, не ликвидирует все осложнения, которые связаны с учетом зонной структуры.

Утверждения о большой величине диамагнитной восприимчивости металлов типа висмута (см., например, [8. С. 157]) данный подход не затрагивает, так как введение эффективной массы может быть проведено при $H = 0$. В том приближении, которое позволяет ввести эффективную массу, квазиимпульс неотличим от импульса. При введении магнитного поля можно использовать эффективный гамильтониан. В результате исходное выражение для χ будет отличаться от ланжевеновского только заменой массы m на эффективную массу m^* , которая у полуметаллов, как правило, значительно меньше массы свободного электрона m .

Однако следует иметь в виду, что слишком буквальное использование эффективного гамильтониана может привести к ошибкам. При выводе формул для осцилляционных частей магнитного момента и магнитной восприимчивости совершенно оправдано использовать выражение для эффективной массы m^* , приведённое в работе Лифшица и Косевича [5]:

$$m^* = (m_1 m_2 m_3)^{1/2} (m_1 \alpha_1^2 + m_2 \alpha_2^2 + m_3 \alpha_3^2)^{1/2},$$

$\alpha_{1,2,3}$ – направляющие косинусы вектора \mathbf{H} относительно трёх осей эллипсоида. Но это выражение не пригодно при обобщении формулы Ландау для диамагнитной восприимчивости. Если всё же воспользоваться этим выражением, то, естественно, получающееся выражение будет отличаться от формулы Ландау только значением эффективной массы. Будем иметь: $\kappa_{\text{диа}} = -(1/3) (m_e/m^*)$. Это выражение, по порядку величины справедливое, однако, неправильно описывает анизотропию диамагнитной восприимчивости, которая в случае анизотропии – симметричный тензор второго ранга, а не скаляр, зависящий от направления \mathbf{H} .

Соображение о том, что в газе каждая частица локализована в области с линейными размерами $n^{-1/3}$, может быть использовано не только для «вывода» формулы Ландау. Например, простейший способ определить порядок величины температуры $T_{кв}$, ниже которой надо пользоваться законами квантовой статистики, таков. С понижением температуры средний импульс частицы массы m в классическом газе уменьшается пропорционально корню из температуры: $\langle p \rangle \sim (mT)^{1/2}$. С понижением температур средний импульс частицы газа становится меньше неопределённости импульса $\Delta p \sim \hbar/r_a \sim \hbar n^{1/3}$, обязанной локализации частицы в области $r_a \sim n^{1/3}$. Естественный вывод: при $T \leq T_{кв} = \hbar^2 n^{2/3} / m$ классическая статистика заведомо неприменима.

ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕОРИИ МЕТАЛЛОВ

Работа Лифшица и Косевича 1955 года [5] по теории эффекта де Гааза – ван Альфена была первой работой, которая показала, сколь удобен и продуктивен геометрический язык при теоретическом исследовании нормальных металлов. После неё геометрический подход в теории нормальных металлов становится общепринятым. Возникла и сформировалась новая область электронной теории металлов – *фермиология*.

Формула (4), положившая начало геометризации теории металлов, получена из условия квантования площадей

$$S(p_z, \epsilon) = (2\pi e \hbar H / c)(n + \gamma), \quad n \gg 1, \quad \gamma \sim 1, \quad (5)$$

сформулированного независимо и приблизительно одновременно И.М. Лифшицем и Ларсом Онсагером за несколько лет до 1954 г. В «Курсе теоретической физики» Ландау и Лифшица после вывода условия квантования площадей указано: «И.М. Лифшиц, 1951; L. Onsager, 1952» [32. С. 285]. Смотри также ссылку [10*] в обзоре [48], в которой Илья Михайлович указал, что вывод условия квантования он сообщил на сессии АН Украины в 1950 году.

В [5] авторы не уточняют значения константы γ в условии квантования, но отмечают: «в случае квадратичного закона дисперсии $\gamma = 1/2$, в общем же случае γ может быть отличной от $1/2$ » [5. С. 28]. В осцилляционных явлениях константа γ определяет фазу в периодической зависимости от обратного магнитного поля, свободной энергии и магнитного момента. Проведённый позже анализ показал, что в большинстве случаев $\gamma = 1/2$, хотя возможны и исключения.

Сравнительно недавно опубликован очень интересный обзор А.М. Косевича «Топология и физика твёрдого тела» [49]¹⁰. В нём есть параграф (§ 2.7) «Фаза Бэрри и топология траекторий в магнитном поле». Вывод формулы (5) без уточнений (в частности, без определения значения γ) нагляден, но уточнение формулы (то есть определение константы γ) потребовало тонкого анализа и усилий нескольких авторов (см. ссылки в [49]).

В § 2.7 обзора [49] показано, что значение константы γ однозначно связано с фазой Бэрри: $\gamma = 1/2 + \Delta\beta$, где $\Delta\beta = \beta(T) - \beta(0)$ – набег геометрической фазы (фазы Бэрри) при полном обороте электрона вдоль его траектории в магнитном поле (здесь T – период обращения). «... роль фазы Бэрри, – утверждается в обзоре, – имеет чисто топологический характер и не зависит ни от формы $\epsilon(\mathbf{k})$ (то есть от вида закона дисперсии $\epsilon = \epsilon(\mathbf{p})$, $\mathbf{k} = \mathbf{p}/\hbar$ – квазиволновой вектор. – М.К.) в окрестности линии вырождения, ни от размеров траектории... Результат зависит только от того, охватывает эта траектория линию сингулярности для блоховской волновой функции (тогда $\gamma = 0$) или не охватывает (тогда имеет обычное значение $\gamma = 1/2$)».

Заканчивается параграф утверждением о возможности по сдвигу фазы осцилляции выделить наличие линий вырождения в энергетическом спектре. Таким образом, осцилляционные явления оказываются более информативными, чем Лифшиц и Косевич предсказывали в [5].

Итак, условие квантования (5) определяет уровни энергии электрона с произвольным законом дисперсии $\epsilon = \epsilon(\mathbf{p})$ при фиксированном значении проекции квазиимпульса на магнитное поле. Они служат обобщением уровней Ландау. Их называют *уровнями Лифшица–Онсагера*. Если поверхности энергии – сферы, то уровни Лифшица–Онсагера совпадают с уровнями Ландау. Правда, формула квантования площадей (5) справедлива в квазиклассическом приближении (при $n \gg 1$), а формула (1) при $n = 0, 1, 2, 3$ и т.д. при произвольных целых $n \geq 0$.

Квазиклассического приближения для построения теории де Гааза – ван Альфена вполне достаточно, так как осцилляционная зависимость наблюдается при расстояниях между уровнями Лифшица–Онсагера $\Delta\epsilon = \hbar\omega_c$, значительно меньшими энергии Ферми ϵ_f . Здесь $\omega_c = eH/m^*c$ – частота классического вращения электрона вокруг магнитного поля, или *циклотронная частота*. Входящая в выражение для циклотронной частоты эффективная масса есть

$$m^* = (1/2\pi) \partial S(\epsilon, p_z) / \partial \epsilon \text{ при } p_z = \text{const.} \quad (6)$$

¹⁰ Приведенный здесь список оригинальных статей содержит исчерпывающий перечень источников.

Соотношение между температурой в энергетических единицах kT и $\hbar\omega_c$ произвольно, но величина kT (как и $\hbar\omega_c$) для наблюдения осцилляционной картины должна быть значительно меньше энергии Ферми ($kT \ll \epsilon_F$). Возможность получить обозримые выражения для намагниченности при произвольном законе дисперсии электронов обеспечивается применением формулы Пуассона (см. выше), а также метода перевала (метода стационарных точек, см. ссылки [5*] и [7*] в статье Лифшица и Косевича [5]).

Важно отметить, что эффективная масса (6) при произвольном законе дисперсии — функция ϵ и p_z . Следовательно, уровни Лифшица—Онсагера в отличие от уровней Ландау лишь приближённо эквидистантны.

В амплитуду осцилляции входит эффективная масса на том сечении поверхности Ферми, которое имеет *экстремальную площадь*. В условии циклотронного резонанса, например, входит другая величина — *экстремальная эффективная масса*. Экстремальная масса и масса на экстремальном сечении могут заметно отличаться друг от друга.

Использование структурно-чувствительных методов в принципе позволяет выяснить всю зависимость эффективной массы от p_z . Среди таких методов важное место занимают методы, сочетающие высокочастотные эффекты с размерными в пластинках (см., например, обзор В.Г. Песчанского [50]).

В формулы, полученные на основе концепции квазичастиц с произвольным законом дисперсии, масса электрона (его настоящая масса $m_e = 9,1096 \cdot 10^{-28}$ г) не входит. Могут припомнить только инерционные эффекты (их называют эффектами Стюарта—Толмена), описание которых содержит «настоящую» массу электрона m_e . Эффекты Стюарта—Толмена позволяют измерить отношение заряда к массе (e/m_e) электрона проводимости.

Почему в инерционных эффектах изменение закона дисперсии себя не проявляет? Ответ необычайно прост. Сила инерции, действующая на электрон в образце, который движется с ускорением a , равна $m_e a$. Если проводник разомкнут, в нём возникает разность потенциалов, то есть на электрон действует также сила eE . Суммарная сила равна нулю (ток же не течёт!). Значит, $E = (m_e/e)a$. Измерение разности потенциалов и ускорения даёт возможность измерить отношение e/m_e . Измерение показало, что, как и в вакууме, это отношение равное e/m_e , совпадает с отношением для свободных электронов.

Инерционные эффекты и, конечно, электронная эмиссия подтверждают тот сегодня абсолютно очевидный факт, что электроны в металле (их называют электронами проводимости) —

обычные электроны в необычных условиях – в поле сил периодически расположенных ионов кристаллической решётки.

В поле кристаллической решётки стационарные состояния электронов – блоховские волны, их энергия – периодическая функция квазимпульса. В квазиклассическом приближении квазимпульс играет роль импульса, а закон дисперсии (зависимость энергии от квазимпульса при фиксированном номере зоны) следует трактовать как кинетическую энергию. При несомненном сходстве электронов в периодическом поле со свободными электронами движение электронов в металле под воздействием внешних полей не похоже на движение электронов в вакууме, а формулы, описывающие свойства металлов (особенно в магнитном поле), кардинально отличаются от формул, описывающих свойства вырожденного газа свободных электронов.

Сравнивая различные формулы, описывающие свойства вырожденного газа свободных электронов, с формулами, справедливыми для металлов, то есть для электронов с произвольным законом дисперсии, вводят величины размерности массы – эффективные массы. Вводимые эффективные массы зависят от явления. Значения эффективных масс, введённые для описания разных явлений, отличаются друг от друга. Повторим: для металлов, поверхности Ферми которых существенно отличаются от сферы или эллипсоида, эффективные массы, найденные с помощью осцилляционных явлений и с помощью циклотронного резонанса, отличаются.

Насколько мне известно, не существует обзора, в котором суммируются значения эффективных масс разных металлов. В обзорах, монографиях, учебниках, справочной литературе значения эффективных масс электронов в полупроводниках приводятся всегда. Их значения необходимы при вычислении различных характеристик полупроводников, а закон дисперсии электронов и дырок в полупроводниках, как правило, квадратичен. В металлах знания эффективных масс недостаточно: надо знать форму поверхности Ферми, а также величину и направление скоростей всех электронов с энергией, равной энергии Ферми. Но эффективная масса – *наглядная* характеристика электрона проводимости. Именно поэтому составление каталога эффективных масс разных металлов, эффективных масс, введённых разными способами, по моему мнению, было бы очень полезно.

Вблизи экстремумов в законе дисперсии значения компонент тензора эффективных масс могут быть вычислены без конкретизации периодического поля (см. [32. § 59]). Наличие близко расположенных зон – свидетельство их ширины, то есть большой величины обменных интегралов, – уменьшает значение эффектив-

ных масс. Нередки случаи, о которых мы упоминали, когда эффективная масса электрона проводимости *меньше массы свободного электрона*. С другой стороны, следует упомянуть: целый класс веществ (ряд металлических соединений на основе редкоземельных элементов) имеет аномально большие значения эффективных масс $\sim (10^2-10^3)m_e$. Эти вещества получили название *систем с тяжёлыми фермионами*.

Когда перечитываешь работы, сделанные много лет назад, то обращаешь внимание не только на то, что в них *написано*, но и на то, что *не написано* (не зафиксировано словами), но в дальнейшем оказалось важным.

В работе Лифшица и Косевича словесно не введена эффективная масса m^* по приведённой выше формуле (6). Кроме того, словами не сказано, что траектория электрона в магнитном поле в пространстве квазиимпульсов подобна проекции электронной траектории в обычном координатном пространстве на плоскость, перпендикулярную магнитному полю. Подчеркнём: и то и другое в формулах их работы [5], естественно, есть. Величина $(1/2\pi)(\partial S/\partial \epsilon)$ при $p_z = \text{const}$ входит в формулы так же, как масса m в формуле для электронов с поверхностью Ферми $\epsilon = p^2/2m$. Для электронов с квадратичным законом дисперсии, поверхность Ферми которых – трёхосный эллипсоид (электронный или дырочный), эффективная масса при произвольном направлении магнитного поля введена и вычислена (она приведена на с. 18 в [5]), но определение (6) словами и формулой не зафиксировано. Сделано это *нами* в теории гальваномагнитных явлений [28], где знак эффективной массы m^* важен для строгого введения электронов и дырок. Выделил «нами» не для того, чтобы подчеркнуть наш приоритет. Скорее, наоборот: для того, чтобы извиниться. Только через какое-то время мы узнали, что формулу (6) впервые ввёл У.Б. Шокли в 1950 г. Мы тогда этого не знали.

Формула квантования площадей (5) выведена на основе квазиклассического квантования действия (формулы Бора). От интегрирования по координате к интегрированию по проекции квазиимпульса можно перейти только благодаря подобию траекторий. И при этом слово *подобие* не употреблено. Подобие проекции на плоскость, перпендикулярную магнитному полю \mathbf{H} , траектории в \mathbf{g} -пространстве и траектории в \mathbf{p} -пространстве (\mathbf{g} – радиус вектор) не только упоминается, но и подчеркивается, когда вычисляются формулы для описания циклотронного резонанса, размерных эффектов (см. [50] и, например, главу VIII «Размерные эффекты» в [23]; в обоих источниках есть список оригинальных статей).

Вслед за более поздними работами, чем описанные здесь, подчеркнём, что подобие траекторий в \mathbf{p} - и \mathbf{r} -пространствах позволяет записать условие квантования площадей (5) в виде условия квантования магнитного потока $\Phi = S_r H$, окруженного траекторией электрона [$S_r = (c/eH)^2 S$ – площадь проекции траектории электрона в \mathbf{r} -пространстве на плоскость $z = \text{const}$],

$$\Phi = \Phi_0(n + \gamma); \Phi_0 = 2\pi\hbar c/e. \quad (5a)$$

«Квант потока» Φ_0 вдвое больше кванта потока, принятого при описании свойств двухсвязных сверхпроводников ($2e$ в знаменателе кванта потока сверхпроводников – свидетельство спаривания электронов). Подчеркнём, что в нормальном металле квантуется не поток, а движение электрона в плоскости, перпендикулярной магнитному полю.

Обычно при использовании квазиклассического приближения начинают с решения соответствующей классической задачи. При построении теории эффекта де Гааза – ван Альфена обычный порядок был нарушен. Классическая задача о движении в постоянном и однородном магнитном поле электрона проводимости с произвольным законом дисперсии была решена в работе [28], где, как говорилось, была введена эффективная масса m^* путём сравнения выражения для циклотронной частоты электрона с произвольным законом дисперсии с циклотронной частотой свободного электрона. Но, кроме того, там же было выяснено, что закон дисперсии электрона проводимости в кристалле допускает ситуацию, которая для свободного электрона невозможна. Было установлено, что в плоскости, перпендикулярной магнитному полю, электрон может совершать *инфинитное движение*, если изоэнергетическая поверхность непрерывно проходит по всему \mathbf{p} -пространству обратной решётки.

Приведём ещё одну цитату из работы [5] Лифшица и Косевича:

«Следует заметить, что компоненты p_i в (1.1) для электрона в металле являются компонентами *квазиимпульса*. Это, однако, не влияет на результаты, если поверхность (1.6) не имеет самопересечений и каждая из кривых (1.4) расположена внутри одной ячейки обратной решётки; помимо этого, ... предполагается, что радиус кривизны электронной траектории [в координатном пространстве. – *М.К.*] велик по сравнению с постоянной решётки» [6. С. 28].

Авторы хотят подчеркнуть, что вектор \mathbf{p} – *квазиимпульс*, а не *импульс* [слово в цитате выделено мною. – *М.К.*]. Уравнение изоэнергетической поверхности в [5] записано в компонентах вектора \mathbf{p} : $\varepsilon = \varepsilon(p_x, p_y, p_z)$. Изоэнергетическая поверхность (1.6) и урав-

нение траектории электрона в магнитном поле (1.4) выражены через компоненты кинематического импульса \mathbf{P} ($P_x = p_x + eH_y/c$, $P_y = p_y$, $P_z = p_z$; $H_z = H$), что весьма важно не только при рассмотрении квазиклассического квантования (при выводе условия квантования площадей (5)), но и при рассмотрении эффекта де Гааза – ван Альфена в тонких слоях металлов (двузначные номера формул из цитируемой работы).

Из приведённой цитаты видно, что авторы хорошо понимают: надо проявлять осторожность. Причина в том, что оператор координаты $\hat{\mathbf{r}}$ в \mathbf{p} -представлении содержит слагаемое $\hat{\Omega}$ – оператор, описывающий возможность перехода между зонами (см., например, формулу (55.14) в [32]). Переход между зонами служит причиной *магнитного пробоя*, весьма усложняющего картину осцилляционных явлений в металлах.

О магнитном пробое будет сказано дальше. Здесь же заметим, что, в каком-то смысле, авторы проявляют даже несколько излишнюю осторожность. Если изоэнергетическая поверхность открытая, траектории электрона по ней могут быть замкнутыми, но не помещаться «внутри одной ячейки обратной решётки». При этом квантование площадей происходит, а эффекты де Гааза – ван Альфена и Шубникова – де Гааза должны наблюдаться и наблюдаются. Правда, не менее важно, что, если поверхность Ферми открытая, магнитное поле может быть направлено так, что и траектория открыта, электрон не совершает периодического финитного движения, его энергия не квантуется, в результате чего соответствующая полость ферми-поверхности перестаёт давать вклад в осцилляционные явления («перестаёт» – в том смысле, что при других направлениях магнитного поля – даёт).

Говоря о геометризации электронной теории металлов, начавшейся с работ И.М. Лифшица и А.М. Косевича по теории эффекта де Гааза – ван Альфена, надо подчеркнуть нетривиальность и важность введения новых для физики металлов понятий. Наверное, каждому физическому-теоретику приходилось решать вопрос, в каких терминах написать окончательный (для данной задачи!) ответ. После работ Лифшица и Косевича стало очевидным, что для этого пригодны геометрические образы, связанные с поверхностями Ферми. Геометрические образы сравнительно быстро начали появляться в работах по электронной теории металлов: пояски на поверхности Ферми, хорды, линии параболических точек и даже отдельные точки с характеристикой поверхности вокруг них – все они входят в выражения, полученные в теории различных явлений и свойств. Иногда такие выражения рассматриваются как окончательные.

ЗАМЕЧАНИЕ ОБ ЭФФЕКТЕ ШУБНИКОВА – ДЕ ГАЗА

По традиции, с тридцатых годов (со времен Шубникова) в УФТИ изучали не эффект де Гааза – ван Альфена, а эффект Шубникова – де Гааза. Хотя зависимость магнетосопротивления от поля значительно сложнее, чем зависимость от поля магнитного момента, периоды осцилляции в обоих эффектах совпадают (если, правда, не учитывать усложнения, обязанные магнитному пробою, см. ниже). Оба эффекта пригодны для восстановления формы поверхностей Ферми.

Осцилляционные эффекты – де Гааза – ван Альфена и Шубникова – де Гааза – результат квантования движения электронов в магнитном поле. В эффекте Шубникова – де Гааза квантовые осцилляции наблюдаются на фоне монотонной зависимости сопротивления от магнитного поля. Последняя для своего вывода не требует учёта дискретности энергии в магнитном поле. Для выявления монотонной зависимости сопротивления от магнитного поля движение электронов проводимости со сложным законом дисперсии $\epsilon = \epsilon(\mathbf{p})$ под действием силы Лоренца можно рассматривать с помощью классического уравнения движения. При таком подходе $\epsilon(\mathbf{p})$ есть кинетическая энергия, а квазиимпульс \mathbf{p} не отличим от импульса (мы это уже отмечали).

Правда, закон дисперсии $\epsilon(\mathbf{p})$ – *квантовый* уровень энергии электрона в периодическом поле кристаллической решётки, а вырождение газа электронов проводимости, столь существенное для выделения роли поверхности Ферми, – результат применения *квантовой* статистики Ферми–Дирака. Оговорки не мешают именовать монотонную зависимость от магнитного поля классическим эффектом, оставляя эпитет квантовый за эффектом Шубникова – де Гааза.

Напомним, что все перечисленные квантовые эффекты (закон дисперсии, квантовая статистика) не приводят к зависимости термодинамических характеристик электронов проводимости от магнитного поля: и диамагнетизм, и эффект де Гааза – ван Альфена – квантовые явления в том смысле, который принят в предыдущем абзаце.

Во многих случаях амплитуда осцилляции Шубникова – де Гааза мала не только по сравнению с сопротивлением при $H = 0$, но и по сравнению с изменением сопротивления в магнитном поле за счёт классического эффекта. Это облегчает вычисление осцилляционной зависимости. Более того, это и только это даёт право и возможность выводить формулы, описывающие плавную зависимость гальваномангнитных характеристик, используя

классическое кинетическое уравнение, а полученные формулы применять для анализа экспериментальных фактов.

Если амплитуда осцилляции велика, монотонную зависимость выделить практически невозможно. Поэтому важен строгий вывод классических формул для гальваномагнитных характеристик, беря за основу квантовые выражения. Такой подход даёт возможность сделать необходимые оценки (см. вывод формулы (90.15) в § 90 «Физической кинетики» [51]).

ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕОРИИ МЕТАЛЛОВ

(продолжение)

Думаю, не ошибусь, сказав, что популяризации новых представлений в электронной теории металлов способствовали три обзора в УФН, написанные Ильёй Михайловичем с моим участием. Выходили они с интервалами в три года [52]. Сама структура обзоров была для того времени необычной. Кристаллические решётки (и прямая и обратная) рассматривались как координатное и квазиимпульсное пространства с элементами симметрии, диктующими «условия существования» электронам, фононам – всем квазичастицам твёрдого тела.

Изотропия и однородность свободного пространства не оставляют выбора для закона дисперсии элементарных частиц в нём. Зависимость энергии ϵ от импульса \mathbf{p} одна и та же у всех частиц. Частицы и их законы дисперсии отличаются только величиной массы m . У фотона и, возможно, у нейтрино $m = 0$. При любом значении энергии поверхность равной энергии любой частицы – сфера.

В твёрдом теле изоэнергетические поверхности квазичастиц (электронов и фононов, в частности) причудливы и разнообразны не только для квазичастиц разной природы или в разных веществах. Изоэнергетические поверхности у квазичастиц определённого вида при изменении энергии в пределах одной зоны существенно меняются.

С изменением энергии квазичастицы зависимость энергии от квазиимпульса изменяется не только количественно. С обязательностью происходит качественное изменение – изменяется топология изоэнергетических поверхностей. Теорема ван Хова [53] утверждает, что в каждой зоне есть не менее двух значений энергии, так называемых *критических* значений ($\epsilon = \epsilon_c$), при которых изменяется связность изоэнергетических поверхностей. При $\epsilon = \epsilon_c$ плотность состояний квазичастиц имеет особенность

(в общем случае корневую). Существование в энергетическом спектре электронов проводимости вдали от энергии Ферми особых точек при $\epsilon = \epsilon_c$ из-за вырождения электронного газа не сказывается практически в свойствах металлов, но, как показал И.М. Лифшиц [54], совпадение критического значения ϵ_c с энергией Ферми ϵ_F должно наблюдаться в свойствах металла в виде аномалии.

Добиться равенства $\epsilon_c = \epsilon_F$, то есть изменения связности поверхности Ферми, можно, воздействуя на металл давлением, изменяя концентрацию примесей или комбинируя то и другое. Аномалии, наблюдаемые при определённом *критическом* значении параметра, описывающего воздействие, можно трактовать как фазовый переход $2^{1/2}$ рода, если пользоваться терминологией Эренфеста. В литературе используют три термина: *Лифшица переход* (см. [10. Т. 1. С. 479]), *топологический переход* и *переход $2^{1/2}$ рода*. Предсказанное И.М. Лифшицем явление было обнаружено различными путями тремя группами экспериментаторов – из УФТИ, МГУ и ИФВД. В 1982 году – через 22 года после предсказания – коллектив из восьми человек с участием И.М. Лифшица получил свидетельство об открытии. Оно было названо так: «Явление электронно-топологического перехода металлов при упругих деформациях». Аномалии, обязанные топологическому переходу, наблюдались многократно. Со сравнительно полным (до 1994 года) перечнем литературы по этому вопросу можно познакомиться по обзору [55].

В работе [54] Илья Михайлович не упоминает, к каким последствиям в эффектах де Гааза – ван Альфена и Шубникова – де Гааза должно привести изменение топологии поверхности Ферми, воспринимая, по-видимому, подобное предсказание очевидным. При разрыве или образовании перемычки у кривой, описывающей осцилляцию, исчезает или появляется один из периодов. При образовании или исчезновении полости поверхности Ферми происходит то же самое¹¹. Между тем, один из наиболее убедительных экспериментов, который зарегистрировал разрыв перемычки поверхности Ферми, был эксперимент Будько, Гапотченко и Ицкевича по наблюдению эффекта Шубникова – де Гааза на кадмии под давлением [56].

В середине 50-х годов численные методы расчёта законов дисперсии квазичастиц только начинали развиваться. Этому, конечно, способствовало развитие вычислительной техники. Отсутствие надёжных данных о законах дисперсии квазичастиц

¹¹ Это очевидно из рис. 1 в [54], который стал графическим символом топологического перехода и многократно повторялся в различных публикациях.

способствовало тому, что принятый в обзорах [52] подход, исходящий из симметричных свойств законов дисперсии квазичастиц, оказался успешным и информативным. Полушутливая формулировка подхода такова: «если так..., то так...». Имеется в виду следующее: если закон дисперсии обладает таким-то свойством, то такое-то явление или свойство должно иметь такие-то черты.

Когда поверхность Ферми не сфера, площади её экстремальных сечений зависят от направления магнитного поля \mathbf{H} . При не всюду выпуклой поверхности Ферми от направления вектора $\mathbf{H} = \eta H$ зависит число экстремальных сечений. Изменение числа сечений с экстремальной площадью (периодов или частот осцилляции) происходит при определённом, критическом направлении η_c и сопровождается аномалией, напоминающей топологический переход. Характер аномалии, то есть форма осцилляционных кривых при $|\eta - \eta_c| \ll 1$, зависит от структуры поверхности Ферми. Легко это проследить на модельной поверхности Ферми, напоминающей гантель. На рис. 28 в [48] рассмотрены два случая: а) гантель с толстой перемычкой и б) гантель с тонкой перемычкой. В первом случае при критическом направлении амплитуда осцилляции резко возрастает. По-видимому, подобный эффект был обнаружен на Cu [57]. Во втором случае аномалия сложнее. Так как одно из экстремальных сечений при $\eta = \eta_c$ имеет точку самопересечения, в которой скорость движения электрона по поверхности Ферми обращается в нуль, то амплитуда соответствующей осцилляции должна быть аномально мала. Не знаю, наблюдалась ли подобная ситуация.

Работа Ильи Михайловича [54] – первая из работ, предсказавшая, что изменение топологии геометрического образа, фигурирующего в описании свойств металлов, порождает аномалию. При описании термодинамики электронов проводимости, благодаря вырождению, фигурирует поверхность Ферми; формулы, описывающие квантовые осцилляции в магнитном поле, содержат площади перпендикулярных магнитному полю сечений этой поверхности; в теории аномального скин-эффекта и в теории поглощения ультразвука фигурируют *пояски* на поверхности Ферми, скорость расположенных на них электронов перпендикулярна заданному вектору. Меняя условия эксперимента, можно все эти геометрические фигуры «заставить» изменить топологию. И каждое такое изменение приводит к аномалии, которую можно назвать топологическим переходом и которая в принципе может быть обнаружена. Такой подход обобщает идею И.М. Лифшица на широкий круг явлений [58].

В названии обзора [58] ощущается полемический задор. Правильней было бы весь круг явлений, описанных в нём, назвать

топологическими аномалиями. По обе стороны от точки *фазового перехода* термодинамическая система находится в разных фазах. При топологическом переходе И.М. Лифшица так и происходит, хотя фазы по обе стороны от перехода близки друг другу. В случае аномалий, описанных в обзоре [58], этого нет.

Сейчас хорошо известно, что поверхности Ферми большинства металлов имеют много полостей и весьма вычурны. Только металлы первой группы таблицы Менделеева сравнительно просты. Но не стоит забывать, что поверхности Ферми Cu, Ag, Au и Pt – открытые поверхности.

Предсказание, а потом и открытие топологического перехода – одно из ярких проявлений отличия закона дисперсии электронов проводимости от закона дисперсии свободных электронов.

Практически на поверхностях Ферми всех металлов есть вмятины и перемычки, то есть на поверхностях Ферми имеются области с гауссовой кривизной различного знака. Следовательно, на поверхностях есть и *линии параболических точек*, на которых одна из главных кривизн меняет знак. Есть даже точки *уплощения* – точки пересечения линий параболических точек.

Рисунок линий параболических точек на поверхности Ферми можно сравнить с географической картой. При внешнем воздействии на металл изменяется и рисунок линий параболических точек. Обычно изменение не меняет топологию линий параболических точек, но при определенных воздействиях возможно изменение связности линий параболических точек. Простейший пример: появление новой вмятины приводит к появлению новой петли параболических точек. Изменение связности линий параболических точек не сопровождается аномалией плотности состояний электронов (для этого необходимо изменение связности поверхности Ферми, как при переходе Лифшица). Поэтому изменение связности линий параболических точек не приводит к топологическому переходу. Правда, как обращено внимание в работе [59], при определённой огранке кристалла изменение связности линий параболических точек может привести к *обобщённому топологическому переходу*. Так в [59] указано на аномалию поверхностной энергии металла при изменении связности линий параболических точек.

Анализ различных свойств металлов (особенно – высокочастотных) показал, что за некоторые из свойств ответственны только электроны, расположенные в *отдельных точках* на поверхности Ферми. Особенно отчётливо это видно на примере поглощения звука в магнитном поле, когда звук распространяется перпендикулярно магнитному полю (см. рис. 23 в [48]). Изменяя условия эксперимента, можно двигать точку по поверхности

Ферми. Когда точка окажется параболической или точкой уплощения, коэффициент поглощения звука испытывает аномалию. В этом случае меняется не связность, а меняется метрика, окружающая избранную условиями эксперимента точку на ферми-поверхности.

Исследованию роли локальной геометрии поверхностей Ферми металлов в высокочастотных свойствах металлов посвящено много работ. Некоторые из них упомянуты в обзоре [43]. Сравнительно недавно по-русски и по-английски вышла монография Н.А. Зимбовской [60], основанная в основном на работах автора по этой тематике.

Фермиология открыла удивительный мир своеобразных структур. Согласно первому впечатлению, вычурность поверхностей Ферми – загадочное явление. Помню, как смущало тех из нас, кто был занят электронной теорией металлов в середине прошлого века, существование у поверхностей Ферми поливалентных металлов наряду с большими полостями малых полостей или, как тогда говорили, малых групп электронов проводимости. И ведь именно они наиболее отчетливо проявляют себя в осцилляционных явлениях, так как им соответствуют большие периоды. Оказалось, происхождение малых полостей проще, чем можно было себе представить. Модель, основанная на теории почти свободных электронов, применённая к поливалентным металлам, показала, что в нулевом приближении их поверхности Ферми суть сферы с радиусами, превосходящими размеры первой зоны Бриллюэна, центры которых находятся во всех ячейках обратной решётки. С целью устранить вырождение сферы приходится «разрезать», перераспределив электроны по вновь образовавшимся полостям (модель Харрисона). Поверхности Ферми, построенные таким образом, состоят из многих полостей, включают нередко в себя открытые поверхности и совершенно не похожи на исходные сферы (см. раздел 4 в обзоре [48] и рис. 18 там же).

ДЛЯ ОСЦИЛЛЯЦИЙ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ НЕОБЯЗАТЕЛЬНО

Использование формулы Пуассона при вычислении термодинамических характеристик металлов в магнитном поле очень удобно. И всё же, несомненно, полезно познакомиться с качественными соображениями о причине осцилляции.

Почему существует близкая к периодической зависимость различных электронных характеристик от H или, точнее, от $1/H$? Когда расстояния между квантованными уровнями значительно

меньше энергии Ферми ($\Delta \epsilon \ll \epsilon_F$), число магнитных зон, содержащих электроны, велико. Не столь важно, сколько именно зон под энергией Ферми. Важнее, какова структура зоны с энергией $\epsilon \sim \epsilon_F$. Квантование Лифшица–Онсагера определяет зависимость энергии ϵ в n -й зоне от p_z при фиксированном значении магнитного поля \mathbf{H} . В каждой зоне $\epsilon = \epsilon_n(p_z)$ плотность энергетических состояний имеет особенности (там, где $(\partial S(p_z, \epsilon)/\partial p_z = 0)$). При изменении обратного магнитного поля $1/H$ на величину $\Delta(1/H) = 2\pi e\hbar/cS_{\text{ext}}(\epsilon_F)$ особенность переходит в соседнюю зону, а вся картина меняется слабо.

Таким образом, причина осцилляции – большое число уровней под энергией Ферми и зависимость расстояния между уровнями от параметра, при изменении которого число уровней ниже уровня Ферми может быть изменено. В результате электронные характеристики металла осциллируют.

В том же 1955 году, когда была построена теория эффекта де Гааза – ван Альфена, И.М. Лифшиц и А.М. Косевич опубликовали работу «Об осцилляциях термодинамических величин для вырожденного ферми-газа при низких температурах» [61], которую следует считать общей теорией осцилляционных явлений в металлах. Во Введении в эту работу сказано: «Эффект осцилляционной зависимости термодинамических величин для вырожденного ферми-газа частиц с квантованными уровнями энергии от тех параметров, которые определяют положение этих уровней, будет иметь место всегда, когда присутствуют причины, вызывающие квантование уровней (например, ограниченный объём, внешние поля с возрастающим потенциалом и т.д.)». Так же, как и теория эффекта де Гааза – ван Альфена, общая теория осцилляционных явлений построена при весьма общих предположениях. Квазиклассическое приближение позволило использовать условия квантования Бора. Считая, что классическая задача о движении частиц ферми-газа решена, энергию квазичастицы можно выразить через переменные действия I_1, I_2, I_3 : $\epsilon = \epsilon(I_1, I_2, I_3)$. Квазиклассическое квантование требует: $I_i = (n_i + \gamma_i)\hbar$, где n_i – целые числа, а $0 < \gamma_i < 1$. Отсюда энергия – функция \mathbf{n} -вектора с целочисленными компонентами n_i : $\epsilon = \epsilon(\mathbf{n})$. В этих терминах, не уточняя закона дисперсии квазичастиц-фермионов, авторы проделали все вычисления и получили обозримые формулы в ряде конкретных случаев (электронный газ в потенциальном ящике, в пластине при наличии магнитного поля и др.).

Работа [61] стимулировала экспериментальные исследования осцилляционной зависимости термодинамических и кинетических свойств плёнок твёрдых тел. В этой области был достигнут заметный успех.

ТЕОРИЯ ФЕРМИ-ЖИДКОСТИ ЛАНДАУ И ФЕРМИОЛОГИЯ

До появления теории ферми-жидкости Ландау, первая публикация которой была в 1956 году [62], делались попытки построить многоэлектронную теорию металлов. Они были столь громоздки, что о рассмотрении с их помощью сложных эффектов, таких как эффект де Гааза – ван Альфена и Шубникова – де Гааза, нечего было и думать.

Теория ферми-жидкости появилась, когда работы, давшие возможность сформулировать, а в результате и решить задачу о восстановлении электронного энергетического спектра по опытным данным, были в разгаре. Все такие работы использовали представление об электронах проводимости как о вырожденном ферми-газе. Пытаюсь вспомнить своё отношение в 50-е годы к тому, что при построении теории металлов практически все результаты были получены в предположении об электронах проводимости как о ферми-газе. Существенную роль играла традиция. Творцы электронной теории металлов (Зоммерфельд, а до него Лоренц) исходили из того, что электроны свободны и не взаимодействуют друг с другом. Ферми-частицы со сложным законом дисперсии были существенно ближе к реальности. Использование таких представлений ощущалось как весьма заметный прогресс.

Мне казалось, что строгое доказательство справедливости газового подхода будет основано на двух обстоятельствах. Первое – нейтральность электрон-ионной системы металла, да еще усиленная экранировкой, ликвидирующей кулоновское дальное действие. Второе – большая плотность вырожденного газа электронов, которая может обеспечить превосходство энергии Ферми над средним значением кулоновской энергии взаимодействия между электронами. Но эти соображения, по-моему, ни на семинарах, ни в беседах с Ильёй Михайловичем не обсуждались.

Не помню, был ли я на семинаре Ландау в ИФП, когда Лифшиц и Косевич докладывали свою работу [5] по теории эффекта де Гааза – ван Альфена. Но что помню *точно*: вскоре после доклада о теории эффекта де Гааза – ван Альфена (наверное, через несколько месяцев) на семинаре Ландау докладывалась теория гальваномагнитных явлений Лифшица, Азбеля и Каганова [28]. О ферми-жидкости никто не говорил. Ни докладчик И.М. Лифшиц, ни Л.Д. Ландау. Всех (меня, по крайней мере) устраивало переименование электрона с произвольно сложным законом дисперсии из частицы в квазичастицу.

Когда же пришло время осуществить задуманное – написать обзоры [52], а потом собрать их в книгу «Электронная теория ме-

таллов» [22], в большой мере основанную на работах фермиологического толка, то выяснилось, что Илья Михайлович готов чётко ответить на вопрос, как и когда осуществляется переход на «жидкостной» язык (см. [22], §§ 16 и 23). Параграф 16 называется «Эффект де Гааза – ван Альфена и теория ферми-жидкости». Он весь посвящён этому вопросу. Задача параграфа показать, что в квазиклассическом приближении, достаточном при расчёте осцилляционных явлений, можно использовать классическое кинетическое уравнение Больцмана теории ферми-жидкости. Нам хотелось остаться на том уровне использования теорфизической техники, которая применялась во всей книге (в книге не фигурировали функции Грина).

Как известно, расстояния $\Delta\epsilon$ между квазиклассическими уровнями равны $\hbar\omega$, где ω – частоты классического движения. Для частиц ферми-газа частоту ω можно было вычислять, используя уравнение движения отдельной частицы. Если частицы взаимодействуют (ферми-жидкость), необходимо исходить из уравнений движения всей жидкости. Частоты ω были определены из ферми-жидкостного кинетического уравнения, включающего силу Лоренца $(e/c)[v\mathbf{H}]$ со значением скорости $v = d\epsilon(\mathbf{p})/d\mathbf{p} \neq \mathbf{p}/m$. Формула для частоты колебаний по внешнему виду не отличается от eH/m^*c , и m^* по-прежнему определяется формулой (6). Различие всё же есть. Оно состоит в том, что закон дисперсии $\epsilon = \epsilon(\mathbf{p})$ включает в себя межэлектронное взаимодействие.

Вывод: формулы теории эффекта де Гааза – ван Альфена, полученные в «газовом» приближении, справедливы буквально, если считать, что закон дисперсии $\epsilon = \epsilon(\mathbf{p})$ включает в себя межэлектронное взаимодействие. На основании непосредственного расчёта впервые это утверждение было высказано и доказано в 1962 году Ю.А. Бычковым и Л.П. Горьковым [63].

Интерес к решению обратных задач, то есть поиски и обнаружение возможностей определения формы поверхности Ферми $\epsilon(\mathbf{p}) = \epsilon_F$ и скоростей v_F фермиевских электронов путём сравнения теоретических формул с результатами эксперимента, заставил продумать, насколько пригодны для этого формулы, выведенные для ферми-газа. Ответ на этот вопрос дан в книге [22] (см. § 23). Уравнение Больцмана теории ферми-жидкости, линеаризованное по электрическому полю, если $\omega t \ll 1$, может быть переписано так, что позволяет «забыть» об отличии ферми-жидкости от ферми-газа. Утверждение справедливо и в отсутствии магнитного поля, и тогда, когда металл находится в магнитном поле. Тем самым было показано, что в теории большинства наиболее характерных фермиологических эффектов – в теории

гальваномагнитных и многих размерных явлений, в теории аномального скин-эффекта, в теории поглощения ультразвука электронами проводимости – можно применять «газовое» описание. Теория циклотронного резонанса, наблюдение которого требует выполнения условия $\omega\tau \gg 1$, построенная в приближении ферми-газа, нечувствительна к переходу от ферми-газа к ферми-жидкости. Причина – в роли выделенных электронов, движущихся параллельно поверхности металла (см. [22. § 35]).

Формулы, полученные в результате расчёта, проведённого на базе ферми-газового подхода, во всех перечисленных случаях содержат геометрические характеристики не газовой, а *истинной*, ферми-жидкостной поверхности Ферми – той, которая учитывает взаимодействие между электронами, – *поверхности Ферми электронов-квазичастиц*.

Теория ферми-жидкости при вычислении электронных характеристик металла использует термины, которые относятся к квазичастицам с энергией, близкой к фермиевской (только у них достаточно большое время жизни). Диамагнетизм определяется всеми электронами. Это вносит дополнительную трудность, как мне кажется, не преодоленную до сих пор.

Структура истинного электронного энергетического спектра нормальных металлов и его генетическая связь с зонной теорией подробно описана в главе VI части 2 «Статистической физики» (IX том «Курса» Ландау и Лифшица [32]).

МАГНИТНЫЙ ПРОБОЙ

Если бы восстановление энергетического спектра электронов проводимости использовало только данные эффектов де Гааза – ван Альфена и Шубникова – де Гааза, то не было бы возможности выяснить, как расположены отдельные полости ферми-поверхностей относительно друг друга в \mathbf{p} -пространстве. Магнитный пробой обнаруживает близко расположенные полости. Магнитный пробой – квантовое туннелирование электронов проводимости в магнитном поле между квазиклассическими траекториями, принадлежащими разным энергетическим зонам. Описывая магнитный пробой, удобнее пользоваться \mathbf{p} -пространством, в котором траектории фермиевских электронов располагаются непосредственно на ферми-поверхности.

Существование магнитного пробоя было предсказано Коэнном и Фаликовым в 1961 году [64]. Правильное значение вероятности магнитного пробоя W получено Блаунтом [65] в 1962 году: $W = \exp(-H_0/H)$, где коэффициент H_0 , называемый полем пробоя,

имеет сравнительно небольшое значение ($\mu H_0 \sim \Delta^2/\epsilon_F$, здесь $\mu \sim e\hbar/m^*c$, Δ – потенциальный барьер, отделяющий одну классическую траекторию от другой в месте наибольшего сближения, m^* – эффективная масса; оценки показывают, что часто $H_0 \sim 10^4$ – 10^5 Э).

Экспериментально магнитный пробой был открыт в 1963 году Пристли [66] при изучении эффекта де Гааза – ван Альфена на магнии, когда среди периодов осцилляции был обнаружен «странный» период: соответствующая ему орбита не помещалась в первой зоне Бриллюэна. Было очевидно, что электрон движется вокруг магнитного поля, не «замечая» небольших щелей, разделяющих классические орбиты. Поверхность Ферми Mg строится с использованием модели Харрисона (см. выше). В соответствии с моделью близость классических орбит – следствие снятия вырождения за счёт слабого периодического поля¹². Магнитно-пробойная орбита, обнаруженная Пристли, получилась как результат пересечения сферы Ферми свободных электронов плоскостью, перпендикулярной магнитному полю.

Магнитный пробой – достаточно общее явление. Он обнаружен практически у всех поливалентных металлов. К счастью, на него обратили внимание тогда, когда природа осцилляционных явлений уже была хорошо понята. В противном случае разобратся во всей картине было бы значительно трудней.

Как же проявляет себя магнитный пробой в осцилляционных явлениях?

При $H \ll H_0$ вероятность пробоя равна нулю. Картина осцилляционных явлений описана выше. При $H \gg H_0$ вероятность пробоя $W = 1$. Как и в малых полях, электроны движутся по классическим орбитам, но не по тем, по которым двигались в малом поле. Их траектории составлены из кусков прежних траекторий.

Своеобразная картина возникает в случае промежуточных полей, когда $W(1 - W) \sim 1$. Динамика электрона при этом имеет не квазиклассический, а существенно квантовый характер. Квантовый характер движения электронов в условиях магнитного пробоя, обусловленный интерференцией квазиклассических электронных волн, возникающих при многократном рассеянии на центрах магнитного пробоя, изменяет энергетический спектр электронов и характер большинства явлений – изменяет по сравнению с предельными случаями $H \ll H_0$ и $H \gg H_0$. Именно это – яркое проявление квантовых волновых свойств электронов –

¹² Природу малости поля, снимающего вырождение, мы не рассматриваем. Часто малость связана с тем, что вырождение снимается лишь спин-орбитальным взаимодействием (см. § 10.7 в [23]).

привлекает к магнитному пробоя внимание физиков, занимающихся свойствами нормальных металлов при низких температурах (экспериментаторов и особенно теоретиков). До открытия магнитного пробоя низкотемпературная электронная физика нормальных металлов, особенно фермиология, казалось, целиком принадлежит квазиклассике.

Теория магнитного пробоя – в настоящее время интересная глава современной электронной теории металлов. По сути, практически полностью основы теории магнитного пробоя созданы А.А. Слущкиным в его докторской диссертации [67]¹³. С изложением теории магнитного пробоя можно познакомиться по двум главам (III и IV) коллективной монографии [68]. Там же (в главе V) описаны экспериментальные исследования магнитного пробоя. Главы содержат сравнительно полную (на время написания обзоров) библиографию.

Описывая влияние магнитного пробоя на осцилляционные явления, отметим только несколько обстоятельств. При этом будем иметь в виду именно случай развитого магнитного пробоя, когда $W(1 - W) \sim 1$. Если магнитопробойная конфигурация достаточно сложна, то электрон может совершить много разных периодических движений – таких, которые были невозможны в предельных случаях. Каждой траектории соответствует своя площадь, а площади с помощью уравнения квантования Лифшица–Онсагера (5) определяют набор уровней при фиксированном значении p_z . Естественно, при этом заметно возрастает число гармоник в эффекте де Гааза – ван Альфена. Столь же естественно они проявляются и в эффекте Шубникова – де Гааза, хотя не исчерпывают всех периодов осцилляции кинетических величин. Два красивых эффекта увеличивают число гармоник в эффекте Шубникова – де Гааза: осцилляции за счёт *квантового интерферометра* и гигантские осцилляции за счёт эффекта *реле*.

Квантовый интерферометр создаётся на магнитопробойной конфигурации двумя участками, соединяющими два узла пробоя, по которым электрон движется в одну сторону. Вероятность пройти такую область осциллирует, причем период в зависимости сопротивления от $1/H$ определяется формулой (4), хотя электрон не описывает область, входящую в уравнение (4), и потому соответствующий период отсутствует в эффекте де Гааза – ван Альфена.

Под *реле* понимают малый участок магнитопробойной конфигурации, соединяющий два больших участка. Вероятность электрону пройти малый участок осциллирует, и вместе с этим

¹³ Первые публикации А.А. Слущкина по этой теме относятся к 1967 г.

осциллирует, например, сопротивление или «константа» Холла. Амплитуда таких осцилляций очень велика, так как определяется не квантовым эффектом, а изменением классического движения электрона: скажем, при выключенном реле траектории замкнуты, а при включённом – открыты.

В статье А.А. Слуцкого «Пробой магнитный в металлах» [69] есть рисунки, помогающие наглядно представить себе особенности осцилляционных явлений при разном магнитном пробое.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА

На этом кончается изложение «Непростой истории». История развития электронной теории металлов, конечно, продолжается. 75 лет – большой срок. Большинство из тех, кто сыграл в ней определённую роль, ушло из жизни. По какой бы причине это ни произошло, смерть каждого воспринималась как преждевременная.

За прошедшие годы у электронной теории металлов было много достижений. Металлы в нормальном состоянии изучены с большой подробностью. О металлах стало известно многое из того, чего не знали физики 75 лет назад. Более того: интерес к тем явлениям, которые позволили понять, что собой представляют поверхности Ферми практически всех металлов, начал иссякать. Электронная теория металлов перестала быть модной. Особенно тот её раздел, который назван фермиологией. Но физика твёрдого тела продолжает быть одной из активно развивающихся областей физики. Круг объектов физики твёрдого тела за прошедшие годы необычайно расширился. На смену природным металлам пришли рукотворные объекты: низкоразмерные системы, органические материалы, проявляющие металлические свойства, миниатюрные элементы, изучение которых составило новую область физики – *мезоскопию*. Осцилляционные эффекты во всех этих объектах имеют свою специфику, но большинство из них – модификация либо эффекта Шубникова – де Гааза, либо эффекта де Гааза – ван Альфена. Открываются и совершенно неожиданные явления. Настоящей сенсацией оказалось открытие *квантового эффекта Холла*. Квантовый эффект Холла – квантование поперечной проводимости и сопротивления двумерного электронного газа. При всем своеобразии явления первопричина его – квантование энергии электронов в плоскости, перпендикулярной магнитному полю, то есть восходит к работе Ландау 1930 года.

Многие сравнительно новые объекты физики твёрдого тела трудно назвать твёрдыми: жидкие кристаллы, квантовые жидко-

сти, полимеры и биополимеры. Всё чаще физику твёрдого тела именуют *физикой конденсированного состояния*. Вклад в развитие физики конденсированного состояния всех, кто назван, а иногда лишь упомянут в этой статье, не ограничен тем, что отмечено в «Непростой истории». Но это уж точно совсем другая история.

Когда я писал «Непростую историю», я с грустью и с нежностью вспоминал прошлое. Фиксируя события далеких лет, я не претендовал на историко-научное сочинение: боялся, что заинтересованный взгляд автора несколько исказит картину. Надеюсь, помощь, которую оказали мне Ю.А. Фрейман и В.Д. Нацик своими советами, помогла мне избежать ошибок.

Выражаю благодарность Ю.А. Фрейману и В.Д. Нацику и подчеркиваю: за оставшиеся ошибки или неточности ответственность несу только я.

Я благодарен Л.Н. Маринчак, которая помогла оформить текст для публикации.

Благодарю В.В. Еременко, без поддержки которого эта статья не была бы написана и опубликована.

P.S. Когда статья была полностью подготовлена к публикации, пришла трагическая весть о неожиданной смерти Арнольда Марковича Косевича. Нас с Аликом Косевичем связывало не только то, что оба мы – ученики Ильи Михайловича Лифшица, но и многолетняя дружба. Признаюсь, «Непростую историю» я рассматривал как подарок А.М. Косевичу – единственному из живых авторов статей, юбилей которых хотел отметить. Опоздал. От этого ещё грустнее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Landau L.D. Diamagnetismus der Metalle // Ztschr. Phys. 1930. Bd. 64. S. 629–637. Рус. пер.: [2]. С. 47–55.
2. Ландау Л.Д. Собрание трудов. Т. 1. М.: Наука, 1969. 512 с.
3. Веркин Б.И., Гредескул С.А., Пастур Л.А., Фрейман Ю.А. История открытия эффекта Шубникова – де Гааза // Физика низких температур. 1990. Т. 16. С. 1203–1215.
4. De Haas W.J., Van Alphen P.M. Note on the dependence of the susceptibility of diamagnetic metal on the field // Leiden Commun. 1930. Vol. 208. P. 31–33.
5. Лифшиц И.М., Косевич А.М. К теории магнитной восприимчивости металлов при низких температурах // ЖЭТФ. 1955. Т. 29, № 6. С. 730–742. Воспроизведена в [6]. С. 26–39.
6. Лифшиц И.М. Избранные труды. Электронная теория металлов. Полимеры и биополимеры. М.: Наука, 1994. 445 с.
7. Храмов Ю.А. Физики: Биографический справочник. М.: Наука, 1983. 400 с.

8. *Peierls R.* Surprises in theoretical physics. Princeton: Princeton Univ. press, 1979. Рус. пер.: *Пайерлс Р.* Сюрпризы в теоретической физике / Ред. М.И. Каганов. М.: Наука, 1988. 176 с.
9. *Van Leeuwen J.H.* Dissertation, 1919 // *J. Phys.* 1921. Т. 2. P. 361.
10. «Физика твердого тела»: Энциклопедический словарь. Киев: Наук. думка, 1996.
11. *Френкель Я.И., Бронштейн М.П.* Квантование свободных электронов в магнитном поле // *ЖРФХО.* 1930. Т. 62, № 5. С. 485–493. В сборнике [12] в немного сокращенном виде.
12. Вопросы теоретической физики. Сборник статей к 100-летию со дня рождения Я.И. Френкеля. СПб., 1994. 260 с.
13. *Rabi I.* Der freie Electron in homogenen Magnetfield nach diracschen Theorie // *Zischr. Phys.* 1928. Bd. 49, H. 7/8. S. 507–511.
14. *Фок В.А.* Quantelung der harmonischen Oszillatoren in Magnetfeld // *Ibid.* Bd. 47. S. 446–449.
15. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теоретическая физика. Т. 3. Квантовая механика. 3-е изд., перераб. и доп. / При участии Л.П. Питаевского. М.: Наука, 1974. 368 с.
16. *Каганов М.И.* Сквозь призму истории // *Вест. РАН.* 1996. Т. 66, № 9. С. 841–847.
17. *Фейнберг Е.Л.* Эпоха и личность / Физики. М.: Физматлит, 2003. С. 383–387.
18. *Дорфман Я.Г.* Парамагнитный и диамагнитный резонанс электронов проводимости // *Докл. АН СССР.* 1951. Т. 81, № 5. С. 765–766.
19. *Dingle R.B.* Some magnetic properties of metals. 4. Properties of small systems of electrons // *Proc. Roy. Soc. London A.* 1952. Vol. 212. P. 38–47.
20. *Dresselhaus G., Kip A.F., Kittel C.* Observation of cyclotron resonance in germanium crystals // *Phys. Rev.* 1953. Vol. 92, N 3. P. 827.
21. *Азбель М.Я., Канер Э.А.* Теория циклотронного резонанса в металлах // *ЖЭТФ.* 1956. Т. 30. С. 811–814; 1957. Т. 32. С. 896–914.
22. *Лифшиц И.М., Азбель М.Я., Каганов М.И.* Электронная теория металлов. М.: Наука, 1971. 415 с.
23. *Абрикосов А.А.* Основы теории металлов. М.: Наука, 1987. 520 с.
24. *Kapitza P.L.* Study of the specific resistance of bismuth crystals and change in strong magnetic fields and some applied problems. I–III // *Proc. Roy. Soc. London A.* 1928. Vol. 119, N 782. P. 358–443.
25. *De Haas W.J., Blom J.W. Schubnikow L.* Über die Widerstandsänderung von Wismuteinkristallen im Magnetfeld bei tiefen Temperaturen // *Physica.* 1935. Bd. 2, H. 9. S. 907–915.
26. *Shubnikov L. Van Alphen P.M.* A new phenomenon in the change of resistance in a magnetic field of single crystals of bismuth // *Nature.* 1930. Vol. 126. P. 500.
27. *Koler M. von.* Zur magniteschen Widerstandsänderung reiner Metalle // *Ann. Phys.* 1938. Bd. 32. S. 211–218.
28. *Лифшиц И.М., Азбель М.Я., Каганов М.И.* К теории гальваномагнитных явлений в металлах // *ЖЭТФ.* 1956. Т. 31. С. 63–79.

29. *Лифшиц И.М., Песчанский В.Г.* Гальваномагнитные характеристики металлов с открытыми поверхностями Ферми. I, II // ЖЭТФ. 1958. Т. 35. С. 1251–1264; 1960. Т. 38. С. 188–193.
30. *Песчанский В.Г.* Закон Капицы магнитного сопротивления металлов // Физика низких температур. 1994. Т. 20, № 7. С. 694–698.
31. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теоретическая физика. Т. 5. Статистическая физика, ч. 1. М.: Наука, 1995. 605 с.
32. *Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П.* Статистическая физика. Ч. 2. М.: Наука, 1978. 493 с. (Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика; Т. 9).
33. *Shoenberg D.* Magnetic oscillations in metals. Cambridge: Cambridge Univ. press, 1984. Рус. пер.: *Шёнберг Д.* Магнитные осцилляции в металлах / Ред. М.И. Каганов. М.: Мир, 1986. 680 с.
34. *Ахиезер А.И.* Воспоминания о Льве Давидовиче Ландау: (К 85-летию со дня рождения) // Физика низких температур. 1993. Т. 19. С. 106–117. Воспроизведено в книге: *Ахиезер А.И.* Очерки и воспоминания. Харьков: Факт, 2003. С. 48–59.
35. *Shoenberg D.* Magnetic properties of bismuth. III. Further measurements on the de Haas–van Alphen effect. Appendix // Proc. Roy. Soc. London A. 1939. Vol. 170. P. 341–364.
36. *Ахиезер А.И.* О некоторых свойствах электронного газа в магнитном поле // Докл. АН СССР. 1939. Т. 23. С. 872–875.
37. *Румер Ю.Б.* К теории магнетизма электронного газа // ЖЭТФ. 1948. Т. 18, № 12. С. 1081–1095.
38. *Зильберман Г.* Магнитные свойства металлов при низких температурах // ЖЭТФ. 1951. Т. 21. С. 1209–1217.
39. *Sondheimer E., Wilson A.H.* The diamagnetism of free electrons // Proc. Roy. Soc. London A. 1951. Vol. 210. P. 173–190.
40. *Onsager L.* Interpretation of the de Haas–van Alphen effect // Philos. Mag. Ser. 7. 1952. Vol. 43. P. 1006–1008.
41. *Лифшиц И.М., Косевич А.М.* К теории эффекта де Гааза–ван Альфена для частиц с произвольным законом дисперсии // Докл. АН СССР. 1954. Т. 96, № 5. С. 963–966.
42. *Лифшиц И.М., Погорелов А.В.* Определение поверхности Ферми и скоростей электронов в металле по осцилляциям магнитной восприимчивости // Там же. С. 1143–1145; [6]. С. 19–22.
43. *Adams E.N.* Magnetic susceptibility of a diamagnetic electron gas: The role of small effective electron mass // Phys. Rev. 1953. Vol. 89. P. 633–648.
44. *Ницович М.В.* К теории диамагнетизма электронного газа в металлах // Физика металлов и металловедение. 1959. Т. 7, вып. 5. С. 641–649.
45. *Hebborn J.E., Luttinger J.M., Sondheimer E.H., Stiles P.J.* Diamagnetic susceptibility of Bloch electrons // J. Phys. and Chem. Solids. 1964. Vol. 25, N 7. P. 741.
46. *Ruvalds J.* Rigorous magnetic susceptibility for a magnetic breakdown model // Ibid. 1969. Vol. 30, N 2. P. 305.
47. *Fukuyama H.* Theory of orbital magnetism of Bloch electrons: Coulomb interactions // Progr. Theor. Phys. 1971. Vol. 45, N 3. P. 704–729.

48. Каганов М.И., Лифшиц И.М. Электронная теория металлов и геометрия // Успехи физ. наук. 1979. Т. 129. С. 487–528.
49. Косевич А.М. Топология и физика твердого тела // Физика низких температур. 2004. Т. 30, № 2. С. 135–162.
50. Peschansky V.G. Kinetic size effects in metals in a magnetic field. // Phys. Rev. A. 1992. Vol. 16. P. 1–112.
51. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Физическая кинетика. М.: Наука, 1979 (2001). 535 с. (Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. 10).
52. Лифшиц И.М., Каганов М.И. Некоторые вопросы электронной теории металлов. I. Классическая и квантовая механика электронов в металле. II. Статистическая механика и термодинамика электронов в металле. III. Кинетические свойства электронов в металле // Успехи физ. наук. 1959. Т. 69. С. 419–458; 1962. Т. 78. С. 411–461; 1965. Т. 87. С. 389–469.
53. Van Hove L. The occurrence of singularities in the elastic frequency distribution of a crystal // Phys. Rev. 1953. Vol. 89. P. 1189–1193.
54. Лифшиц И.М. Об аномалиях электронных характеристик металла в области больших давлений // ЖЭТФ. 1960. Т. 38. С. 1569–1576; [6]. С. 98–107.
55. Blanter Ya.M., Kaganov M.I., Pantsulaya A.V., Varlamov A.A. The theory of electronic topological transitions // Phys. Rep. 1994. Vol. 245. P. 160–247.
56. Будько С.Л., Гапотченко А.Г., Ицкевич Е.С. Аномалия продольной магнитотермодс кадмия в области электронно-топологического перехода под давлением // Письма в ЖЭТФ. 1988. Т. 47, № 2. С. 106–108.
57. Shoenberg D., Templton I.M. Anomalous amplitudes and phases in de Gaas-van Alphen effect // Physica. 1973. Vol. 69, N 1. P. 293–307.
58. Каганов М.И., Грибкова Ю.В. Топологические переходы в нормальных металлах // Физика низких температур. 1991. Т. 17. С. 907–932.
59. Каганов М., Нурмагамбетов А. Обобщенный топологический переход – поверхностный переход $2\frac{1}{2}$ -го рода // ЖЭТФ. 1982. Т. 83, № 6. С. 2296–3300.
60. Зимбовская Н.А. Локальная геометрия поверхности Ферми и высокочастотные свойства металлов. Екатеринбург, 1996. Англ. пер.: *Zimbovskaya N.A. Local geometry of the Fermi surface and high-frequency phenomena in metals.* N.Y.; B.; Heidelberg: Springer, 2001.
61. Лифшиц И.М., Косевич А.М. Об осцилляциях термодинамических величин для вырожденного ферми-газа при низких температурах // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1955. Т. 19. С. 395–403.
62. Ландау Л.Д. Теория ферми-жидкости // ЖЭТФ. 1956. Т. 30, № 6. С. 1058–1064.
63. Бычков Ю.А., Горьков Л.П. Квантовые осцилляции термодинамических величин для металла в магнитном поле в модели ферми-жидкости // ЖЭТФ. 1961. Т. 41, № 5. С. 1592–1605.
64. Cohen M.H., Falicov L.M. Magnetic breakdown in crystals // Phys. Rev. Lett. 1961. Vol. 7, N 6. P. 231–233.

65. *Blount E.I.* Bloch electrons in a magnetic field // *Phys. Rev.* 1962. Vol. 126. P. 1636–1653.
66. *Priestley M.G.* An experimental study of the Fermi surface of magnesium // *Proc. Roy. Soc. London A.* 1963. Vol. 276. P. 258.
67. *Слуцкий А.А.* Динамика электронов проводимости и кинетические явления в металлах в условиях магнитного пробоя: Дис. на степень д-ра физ.-мат. наук. ФТИНТ АН УССР. Харьков, 1980.
68. Электроны проводимости / Ред. М.И. Каганов и В.С. Эдельман. М.: Наука, 1985. 416 с.
69. Пробой магнитный // *Физическая энциклопедия.* М.: Большая Рос. энциклопедия, 1994. Т. 4. С. 128–131.

ПИСЬМА ФИЗИКА ИЗ ТОМСКА

(публикация выдержек из писем
В.Н. Кессениха к Р.М. Кессених
из Томска в Ростов (IX/1930–I/1931))

Несколько слов об обстоятельствах, при которых появился публикуемый материал. Молодой ассистент-физик Северо-Кавказского (Ростовского) университета В.Н. Кессених (далее иногда В.Н.) в сентябре 1930 г. прибывает в качестве преподавателя и исследователя физика в научный центр Сибири Томск, где с 1888 г. работает Томский Государственный (прежде Императорский) университет (ТГУ), с 1917 г. готовящий также и специалистов физиков. Его молодая супруга Ревекка Михайловна Вишневецкая (Кессених, далее иногда Р.М.) примерно на полгода задерживается в Ростове, чтобы завершить обучение на Педагогическом факультете Северо-Кавказского университета. Супруги пошли на эту разлуку для того, чтобы обрести в ближайшем будущем новый простор для своей профессиональной деятельности. Доверительные взаимоотношения между ними, общность жизненных и близость научных интересов позволили в регулярной и подробной переписке раскрыть общую атмосферу и важные детали того времени. А, следовательно, письма представляют интерес как для историков вообще, так и для историков науки и физики в частности. В Томске с 1928 г. функционировал (при ТГУ) Сибирский физико-технический институт, в котором занимались научно-исследовательской работой также и преподаватели физико-механического факультета ТГУ (Физмеха). Ниже публикуются выдержки из серии писем В.Н. к Р.М. (ответные письма, к сожалению, не сохранились). Орфография и пунктуация в основном приведены в соответствие с современными нормами, исключением служат отдельные характерные особенности текста. Таковы написание латиницей на европейских языках ряда имён известных учёных, а также физических единиц; некоторые характерные написания слов и имён (правильные даются в скобках курсивом). Мы сохранили написание некоторых немецких фамилий в русской транскрипции через «тц» вместо «ц», что было более употребительно в 20-х–50-х годах. В части пунктуации мы сохранили экспрессивную манеру автора широко употреблять интонационные тире. Сокращения и опущенные слова дополняются в угловых скобках (за исключением очевидных «т.к.» (так как) и «т.е.» (то есть), т.н. (так называемый), т.о. (таким образом), а также общепринятых сокращений). Часто



Супруги Кессених во время их свадебного путешествия в 1929 г.

повторяющиеся сокращения подвергаются расшифровке не более одного раза на двух-трёх страницах текста (р.л. или Р.Л. (РЛ или рл) – радиолaborатория; ЦРК (Ц.Р.К.) – центральный рабочий кооператив и т.д.). Текстам писем предшествуют краткие биографии В.Н. и Р.М. Вставные комментарии (курсивом) содержат небольшие пояснения и примечания, развернутый комментарий к каждому из отрывков дается в виде подстрочника.

Настоящая публикация появилась благодаря известному историку науки С.Ф. Фоминых, составителю, автору и редактору многотомного биографического словаря «Профессора Томского университета» (далее в ссылках [Профессора]) и недавно изданной истории создания и становления Сибирского физико-технического института в документах и материалах (далее в ссылках [СФТИ]). Сергей Фёдорович Фоминых сделал и сохранил копии писем В.Н., оригиналы которых были утрачены семьёй в «смутное время» (1992–1995 гг.). Содержание статей из источников [Профессора. Т. 2] и [Профессора. Т. 3], и, прежде всего, документов и материалов из [СФТИ], послужило основой для комментариев, связанных с жизнью и историей СФТИ и ТГУ, в частности, с шефством физиков ГФТРИ, или «Государственного физико-технического рентгеновского института» (тогдашнее название ЛФТИ), над сибиряками. Как правило, в комментарии мы приводим ссылку на страницу цитируемых источников.

Большую часть примечаний, относящихся к семейным отношениям Кессенихов и Вишневецких, основанных на информации

родственников и знакомых, составила профессор МИРЭА к.и.н. Галина Владимировна Епонешникова (дочь Кессенихов). Она же взяла на себя составление примечаний относительно служебной и творческой деятельности Р.М. по официальным источникам, которые ей удалось получить в бывшем ЦНИИС СА, СФТИ и Томском Политехническом институте (ТППУ). Кроме того, она пользовалась источниками, касающимися военной службы В.Н. Эти примечания представлены значительно шире, чем здесь, в отдельном издании [Письма физика из Томска] инициатива публикации которого принадлежит Г.В. и поддержана С.Ф. Фоминых.

Составление (выборка текстов) настоящей публикации принадлежит автору этого предисловия. Приводимые тексты в достаточной мере воспроизводят, во-первых, историческую обстановку и условия места и времени (разумеется, с учётом окружения и кругозора автора писем); во-вторых, они отражают связь физического сообщества далекого Томска не только с научным сообществом физиков СССР, но отчасти и всего мира. По возможности фрагменты писем должны восприниматься в исторической перспективе, для чего в примечаниях использованы выдержки из книги В.Н. «Распространение радиоволн» [Кессених В.Н., 1952] и поздних изданий других авторов. Нам представляется интересным также социальный аспект формирования личности учёного в условиях тоталитарной системы (восприятие официальной пропаганды и внедрение в сознание её установок). Впрочем, мы не пытаемся в этом отношении конкурировать со значительно более полными публикациями из [СФТИ], где перед нами предстают весьма поучительные «романы в письмах, приказах и статьях» самого В.Н. и его сослуживцев (особенно В.Д. Кузнецова и М.И. Корсунского).

А.В. Кессених

Владимир Николаевич Кессених (1903–1970)

В.Н. Кессених – известный учёный и инженер радиофизик. Область его научных интересов – некоторые задачи электродинамики, в частности: возбуждение и распространение электромагнитных волн в одиночном проводе; влияние скин-эффекта на распространение электромагнитных волн вблизи от ферромагнитных тел, а также общая задача возбуждения электромагнитных колебаний в излучающих системах; расчёт антенных систем для дальней и ближней радиосвязи; расчёт дефектоскопических электромагнитных систем; исследование ионосферы методом импульсного радиозондирования.

Профессор В.Н. Кессених, опытный увлечённый педагог, преподавал курсы теории электромагнитных колебаний, распространения радиоволн, электродинамики и др.; был деканом физического ф-та ТГУ (02.1931–06.1932; 12.1937–04.1939) [Профессора. Т. 2. С. 189–193] и и.о. декана физфака МГУ (04.1947–01.1948) [Андреев А.В. 2000. С. 228], указания некоторых изданий на исполнение им обязанностей декана в 1946 или в 1948 гг. ошибочно. Под его руководством защитили диссертации более 40 кандидатов наук, из которых 15 стали докторами наук.

В.Н. Кессених в 1924 г. окончил Ростовский (Северо-Кавказский) ГУ и считал себя учеником Е.В. Богословского, принадлежавшего к школе П.Н. Лебедева [Аркадьев В.К., 1939; Парзян В.П., 2003]. Наиболее известны работы В.Н. Кессениха, посвящённые распространению волн в одиночном проводе [Kessenich W.N., 1929; Кессених В.Н., 1930; 1932(II); 1940], и электродинамике излучающих систем и расчёту конструкций антенн [Кессених В.Н., 1935; 1939(I); 1941; 1942; 1944(III); 1949]. В декабре 1940 г. на физфаке МГУ при участии таких известных оппонентов как С.Э. Хайкин и С.М. Рытов одобрена докторская диссертация В.Н. Кессениха «Энергетические соотношения в колебательных системах и параметры излучающих систем» (см. [Кессених В.Н., 1941]. Важный вклад в теорию скин-эффекта внесла работа [Кессених В.Н., 1938], известна также работа о запасе энергии реактивного двухполюсника [Кессених В.Н., 1944(II)]. Как руководитель и организатор научных исследований В.Н. проявил себя в исследованиях ионосферы [Кессених В.Н., 1936; 1937; 1944(I); 1947] в Томске и Москве (а также в Иркутске и Ашхабаде) совместно с многочисленными учениками.

За 46 лет работы у него публикаций было только 11 соавторов, причём многие из выпущенных им аспирантов публиковались в основном самостоятельно.

В 1924–1930 гг. Кессених работал в Ростове н/Д, в 1930–1941 гг. в Томске, в 1941–1943 гг. находился в действующей армии на Северо-Западном фронте, в 1943–1953 гг. работал в Москве и в Мытищах, в 1953–1970 гг. снова в Томске. Его научный и жизненный путь испытал ряд крутых поворотов. Первый поворот был связан с переездом в Сибирь. С началом Великой Отечественной войны В.Н. Кессених добровольно вступил в ряды Советской Армии. Со своей квалификацией он в принципе мог бы гораздо больше принести пользы для обороны страны, участвуя в научно-технических разработках для радиосвязи, но не видел такой возможности в условиях Томска. И, действительно, оказавшись на фронте, он вскоре обеспечил освоение в боевых условиях новейших средств армейской радиосвязи (за что был в

1942 г. награждён орденом Красной Звезды). С 1943 г. работал в Центральном научно-исследовательском и испытательном институте связи Советской армии (ЦНИИСКА) под Москвой.

И наконец третий крутой поворот в судьбе ожидал его после демобилизации в 1952 г., когда разногласия с ректором МГУ акад. И.Г. Петровским не позволили В.Н. Кессениху вернуться на постоянную работу в МГУ, на основанную им в 1946 г. кафедру распространения радиоволн. Он возвратился в Томск, где в 1953 г. стал первым деканом радиофизического факультета ТГУ.

Незадолго до своего вторичного отъезда в Томск В.Н. издал книгу своей жизни «Распространение радиоволн» [Кессених В.Н., 1952]. Ссылки на эту книгу встречались у отечественных авторов согласно Гарфилдовскому индексу цитирования вплоть до самого конца прошлого века. К сожалению, эта книга много потеряла благодаря нарочитому критицизму в адрес «буржуазных учёных» и неоправданной для учебного пособия полемичности её стиля. В последние годы своей жизни В.Н. Кессених вырастил немало успешных учеников, дал толчок направлению вычислительной математики в ТГУ, вынашивал планы основания в Томске новых направлений (радиоастрономии и др.). Скончался В.Н. Кессених 15 июля 1970 г. после длительной и тяжелой болезни.

**Ревекка Михайловна
Кессених (Вишневецкая)
(1906–1975)**

Инженер-физик и педагог. В 1928 г. встретила с В.Н. Кессенихом, преподававшим её группе физику. С 1929 г. супруга В.Н. Кессениха, мать двоих детей (сын 1932 г. и дочь 1934 г. рождения). Родилась в Юзовке (потом Сталино, ныне Донецк). Росла в зажиточной многодетной семье в Луганске. Имущество семьи было практически уничтожено в период гражданской войны. В 1921 г. семья переехала в Ростов. В 1930 г. Р.М. окончила Физико-техническое отделение Педагогического факультета Северо-Кавказского университета (СКГУ), получив диплом преподавателя по специальности физика и математика. Работала ассистентом в Томской Промакадемии, Томском педагогическом институте, научным сотрудником в Сибирском физико-техническом институте, инженером в Центральном научно-исследовательском и испытательном институте Советской армии (Мытищи), ассистентом и доцентом в Томском политехническом институте (ТПИ, 1953–1975). Вторичный переезд в Томск семьи Кессених в 1953 г. был в значительной мере обусловлен невозможностью для Р.М. устроиться на работу в Москве и Подмосковье после

увольнения из ЦНИИСКА под предлогом «сокращения штатов» (1952). Последний период работы Р.М. в ТПИ был наиболее плодотворным. В 1956 г. она защитила кандидатскую диссертацию, в 1964 г. издала учебное пособие [Кессених Р.М., 1964] «Методы лабораторных испытаний электроизоляционных материалов». Ряд ее работ, выполненных в СФТИ и НИИС СА, получили отклик среди специалистов. Всего ею опубликовано более 30 работ. Её учениками были свыше 1000 выпускников по специальности «Электроизоляционные материалы», среди которых немало заочников, крупных специалистов кабельной промышленности, и нынешний ректор ТПИ (ТПУ) Ю.М. Похолков. По особому разрешению ВАК будучи доцентом Р.М. руководила четырьмя успешно защитившими диссертации аспирантами. Скончалась после тяжёлой непродолжительной болезни в 1975 г.

ИЗ ПИСЕМ В.Н. КЕССЕНИХА (ТОМСК, 09.1930–01.1931)

23/IX-30 г.¹

Итак, я в Томске. Начну с конца. Институтом (*Сибирским физико-техническим*) я очень доволен. Учреждение солидное — большое здание с колоннами, с большим числом комнат (*бывший дворец губернского присутствия*). Много солидных установок. Большая рентгеновская установка. Большой зал, специально предназначенный для установки высоковольтных трансформаторов на 500.000 в.

Очень интересная лаборатория Тартаковского² с тонкими приборами для исследования отражения электронов от кристаллов, для исследования явлений фотопроводимости в кристаллах и др. установки.

Всюду высокие напряжения, высокий вакуум, жидкий воздух и т.д. У Кузнецова³ в лаборатории молекулярной физики

¹ Обратим внимание, что в этот день В.Н. исполнилось 27 лет. Шёл шестой год его самостоятельной работы.

² Пётр Саввич Тартаковский (1895–1940). Известный физик. Работал в Киеве, Ленинграде, Томске (1929–1937), снова в Ленинграде. Область интересов — квантовая физика твёрдого тела, фотоэффекты. Основал в 1940 г. в Ленинграде (ЛПТИ) кафедру технической электроники. Был общественно активен, но систематически конфликтовал с просоветски настроенным руководством и общественностью. См. [Профессора. Т. 2. С. 413–415].

³ Владимир Дмитриевич Кузнецов (1887–1963), известный российский и советский физик, в будущем академик (1958; член-корр. с 1946). Область интересов — физика твёрдого тела, после 1930–1935 гг. в основном проблемы прочности и твёрдости металлов. Автор пятитомной монографии. См. [Храмов Ю.А., 1983. С. 146; Профессора. Т. 2. С. 215–223].

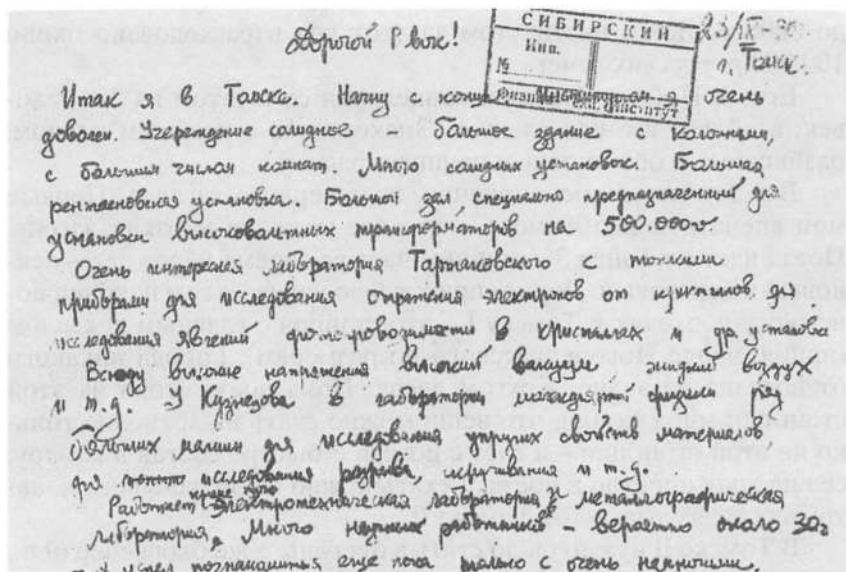


Рис. 1. Начало письма от 23 сентября 1930 г.

ряд больших машин для исследования разрыва, скручивания и т.д.

Работает, кроме того, электротехническая лаборатория и металлографическая лаборатория. Много научных работников – вероятно около 30 чел. – я успел познакомиться еще пока с очень немногими. В общем, довольно мощный и богатый научный коллектив. В первый же день мне пришлось с ассистентом по р.л. (радиолоборатории) Сапожниковым⁴ (очень милый человек) заняться срочной тратой денег – имеется неизрасходованный остаток в размере ок(оло) 6000 р. За один день мы с ним натратили

⁴ Александр Борисович Сапожников (1899–1980), одним из первых наладил в Томске радиосвязь. В книге В.Н. [Кессених В.Н., 1952. С.173] отмечено: «В 1925 г. В.В. Ширков и А.Б. Сапожников организуют при Томском университете коротковолновую радиостанцию, на базе которой впоследствии были созданы радиолоборатория и ионосферная станция СФТИ». А.Б. основатель радиолоборатории в ТГУ и СФТИ, в будущем сотрудник В.Н. и самостоятельный исследователь, в частности, по работам в области электромагнитной дефектоскопии. В 1950-х возглавил кафедру теоретических основ радиотехники в ТГУ. В первом издании «Физики твердого тела» В.Д. Кузнецова [Кузнецов В.Д., 1932]. А.Б. принадлежит глава о применении электромагнитных методов к исследованиям твердого тела. В 1952 стал доктором физико-математических наук по результатам защиты диссертации «Основы электромагнитной дефектоскопии металлических тел». Научный руководитель 35 кандидатов и 6 докторов наук. См. [Профессора, Т. 3. С. 367–373].

до 3000 р. Всего институтом за этот год израсходовано около 100 000 р. русских денег.

Есть в Ин(ститу)те своя канцелярия со штатом из 3-х человек, в общем все как следует. Знакомлюсь с учебным планом, разбираюсь в обстановке и начинаю работу.

Все это выявилось, конечно, не с первого взгляда. Первые мои впечатления о Томске – это впечатления из окна вагона. Поезд идет от Тайги 3 с лишним часа все время через лес – осиновый и березовый. Дорога прихотливо извивается и наконец понемногу подходит к Томску I – это станция с главным вокзалом (прибл. вроде Новочеркасского по размерам). Города никакого от вокзала не видно. Кругом лесок. Пока поезд стоял на этой ст(ан)ции мне сказали, что вещи можно сдать на хранение только на этой ст(ан)ции – я слез с поезда и быстро сбегав в камеру, сел на ходу обратно в поезд, а ехать нужно было дальше, т.к. автобусы ходят только от Томска II.

В Томске II нужно было стать в очередь. Уже был вечер (9 ч., а по-ростовски 5 ч.). Можно было бы поехать на извозчике (3 р.) – но у меня оставалось в кармане только 2 р. Меня очень приглашал поехать на извозчике попутчик от Тайги американский инженер Зоннербах⁵, но я с ним ввиду вышеуказанных фин(ансовых) обстоятельств распрощался и поехал, дождавшись очереди с 3(м) автобусом. Город с Томска II также не виден.

Любезные томичи рассказали, где встать – проехали мы по главной улице с освещенным кино и недурными зданиями и в конце улицы остановились у Площади Революции. Нашел Институт, прошел в него через двор и разыскал Кузнецова. Он меня принял очень любезно. Пригласил к себе на квартиру, угостил ужином с вином и граммофоном и устроил ночлег в библиотеке. Сегодня я тоже ночую в библиотеке. Мне приготовили (т.е. не мне, а нам – думали, что мы вдвоем приедем) комнату с двумя кроватями и матрацами, но вторая из предназначавшихся нам комнат не освобождена еще. Она будет освобождена завтра, и тогда я там устроюсь. Эту комнату я беру только как временную – впредь до освобождения квартиры в отведенном для общежития доме. Дом, в котором мне дают сейчас квартиру недурной – он стоит среди деревьев в саду. В нем есть прекрасная ванная с нагревателем и душем – но там коридорная система, общая кухня и изолированную квартиру выкроить нельзя.

У Кузнецова довольно симпатичная жена.... Кузнецов рисует и у него все стены его квартиры завешены рисунками ...

⁵ Американские инженеры работали в Томске в Шахтстрое (Кузнецкстрое), на фабрике «Карандашная дощечка» и в других местах.

Корсунский⁶ вчера утром ходил меня встречать – но т.к. на утренний поезд мы в Тайгу опоздали, то он решил, что я и с курьерским не приеду. Зашел я к нему сегодня утром. Он угостил меня завтраком (жена ушла в Ун(иверсите)т – она учится на 1-м курсе физмеха и повторяет сейчас элементарную математику и физику). Показал он мне мою комнату и лаборатории Ин(сти)ту(та). Днем я ходил, делал покупки для Ин(сти)ту(та) (а утром получил зарплату за август. Как ты? – получила монету из Ун(иверсите)та?). Проходили до 5 ч., а потом я пошел на почту, послал письмо, написанное еще в Тайге, и пошел в столовую обедать. Обед очень вкусный – весь мясной с очень большими порциями – не очень дорогой 3 р. 75 к. (из 3-х блюд). Есть столовые и с простыми обедами. Интересно, что очередей нет в столовых.

Город в некоторых частях похож на Новочеркасск⁷, но в некоторых (напр. за Институтом – ул. Герцена и ул. Белинского, на кот(орой) находятся общежития) – улицы не мощены, грязь отчаянная, деревянные тротуары, как в Петербурге в 20-х годах прошлого столетия. ...

25/IX–30 г.

Дорогой Ривок!

... Знаешь, Ривок, никогда в жизни я не получал таких славных хороших писем как твои. У меня уже три твоих письма – от 15 и 2 от 17/IX. Когда ты писала эти письма, мои письма еще

⁶ Корсунский Моисей Израилевич (1903–1976). Род. в Ростове. Раб. в Томском СФТИ 1929–1934, в 1931–1933 гг. заведующий физическим отделением (эквивалентно факультету). Моисей, он же Мишка, «пролоббировав» ещё в 1928 г. (см. [СФТИ. С. 101]) приезд своего земляка В.Н. Кессениха на работу в Томск. По данным [СФТИ]. Корсунский играл значительную роль в организации СФТИ, проводил в Ленинграде многие организационные мероприятия, брал на себя инициативу в кадровых и других вопросах, имел непосредственный контакт с Н.Н. Семёновым и А.Ф. Иоффе и выглядит в соответствующих документах их доверенным лицом (см. [СФТИ. С. 97–148]). Работа в условиях относительной изоляции от передовых научных лабораторий быстро перестала удовлетворять М.И. В 1934 г. в статье директора СФТИ В.Н. Кессениха [СФТИ. С. 194] упоминалась как выдающееся достижение Корсунского явно ошибочная интерпретация (реакция $p + e^- = n + \gamma$) результата облучения протонсодержащей мишени электронами с энергией не свыше 0,5 МэВ (фактически энергия β -распада нейтрона около 0,78 МэВ). Корсунский уехал из Томска, работал в Харькове, Алма-Ате. Область интересов М.И. ядерная физика, физика твёрдого тела, физика полупроводников. Им разрабатывались электростатические и магнитные анализаторы отклоняющего типа с большой разрешающей силой, им применены впервые многозарядные ионы в ядерной физике [Храмов Ю.А., с. 142]. Автор книги «Атомное ядро», выдержавшей еще четыре переиздания после первого 1949 г. [Корсунский М.И., 1949].

⁷ Новочеркасск – до своей смерти в феврале 1930 г. отец В.Н. Николай Карлович Кессених и мать В.Н. жили в Новочеркасске, который был последним местом работы Н.К.

не дошли до тебя. Первое письмо ты должна была бы получить 18/IX, т.к. я первое письмо послал из Москвы 16/IX. ...

Так значит, Ривок, ты думаешь, что жить можно и за полярным кругом! Ты молодец я уверен, что ты киснуть не будешь.

Ривок, знаешь Томск ничего себе, в общем и целом. Я сегодня ходил по магазинам, по базару и обсматривал все. Есть теплые вещи. Купил себе за 7 р. 25 к. великолепную очень теплую шапку меховую. ... По командировочному удостоверению купил кожаные рукавицы за 5 р. 50 к. ... Насчет еды, Ривок, здесь прекрасно. В Ростове виноград дешевый – а в Томске мяса сколько угодно. За 35 коп. я получаю в Ц.Р.К. (*Центральный рабочий кооператив*) без очереди мясной завтрак и ужин, а за 3 р. обед.

Дня через два начну столоваться в домашней столовой за 30 руб. в месяц. Буду брать молоко. Я сейчас прямо начинаю толстеть. Что очень приятно – как будто с теплыми вещами благоприятные перспективы.

Сегодня было реферативное собрание с довольно любопытными докладами. Я там выступал в дискуссии. Должен тебе сказать, что по сравнению с прочей публикой я тоже не лыком шит. Сегодня наметил помещение для Р.Л. Вчера наметил курсы – «Общая теория колебаний» – 60 ч. в 1-м сем(естре); «Теория излучения и распространения волн» – 60 ч. 2-ой сем.; «Короткие волны» – 40 ч.; «Радио-сети» – 40 ч.; спец. семинарий и лаборатория по ультра-коротким волнам и дисперсии и абсорбции э.м.в. (*электромагнитных волн*) – 60 ч. и – всего 260 ч. + 60 ч. заведывание лабораторией.

Ассистент Сапожников – славный малый, но немного размазня...

27/IX-30 г.

... Вот уже второй день нет от тебя письма. ... Получила ли ты кусочек тайги, который я послал тебе спешным письмом? Этот кусочек тайги я сорвал в Университетской роще. Эта роща очень красива – в ней действительно есть кусочки тайги⁸. Сегодня я в первый раз был в Университетской библиотеке. Библиотека богатая, но порядку в ней мало⁹... Чисток здесь вероятно было мало, т.к. масса допотопных типов сидит...

⁸ *Университетская роща*. Замечательный парк, насаждённый ещё при основании Томского Императорского университета около его главного здания. Среди этих насаждений такие типично таёжные деревья как сибирский кедр и лиственница, пихты и ели.

⁹ *Библиотека ТГУ*. Одна из богатейших в Сибири. В её основу были положены пожертвования многочисленных дарителей. Сюда же поступило собрание книг В.А. Жуковского.

Преподавательский персонал здесь тоже гораздо более отсталый, чем в Ростове.

Активные методы (преподавания) здесь только пытаются применять, причем самым примитивным образом – суют книги без всяких заданий и уходят. Напр. какой-то преподаватель из Технол(огического) Инст(итута) (*впоследствии ТПИ*) заявил студентам, что объяснения он будет давать только в течение 10% времени занятий и сказал: то я читал, а вы спали, а теперь вы будете читать, а мы будем спать.

Первый курс, который я буду вести «Теория электромагнитных колебаний» я буду вести лабораторным путем с печатанием заданий. Уже начал договариваться со студентами. Сегодня вечером начало семинария (*так!*) по волновой механике¹⁰. Научная жизнь здесь идет интенсивно и интересно.

... аспирант Петров, в комнате которого я сейчас помещаюсь до 5/IX, находится (как я) в соломенном положении – жена его сейчас во Владивостоке¹¹. Пока здесь осень, холодновато, но заморозков еще нет. ...

28/IX–30 г.

... Все нет писем от тебя детка... Сволочная почта! Здешняя провинция особенно страдает от почты – за 50 коп. письма иногда, говорят, идут по 15 дней.

...Ривок, как у вас с деньгами. Скоро будут платить нам и я вышлю. ...я пока все еще живу в комнате у аспиранта Петрова.

¹⁰ Напомним, что основополагающие статьи по волновой (квантовой) механике вышли в основном в 1925–1928 гг., не более пяти лет тому назад! Заниматься этой тематикой в Томске было очень трудно. Среди сотрудников СФТИ, кажется, не было ни одного, кто прошёл бы стажировку в ведущих европейских центрах по развитию новых направлений (Кембридж, Копенгаген, Геттинген и т.д.). Уже в 1932 г. В.Д. Кузнецов сообщал в одном из писем [СФТИ. С. 161] о затруднениях в получении зарубежных командировок (которые, видимо, так и не состоялись). Интерпретация результатов некоторых работ, выполненных в СФТИ в области ядерной физики и теоретической физики, как экспериментальных (см. примечание 6 к письму от 23/IX), так и теоретических (см. примечание 37 к письму от 9.12.) оказывались ошибочными из-за отсутствия квалифицированной критики и обсуждения.

¹¹ *Сергей Михайлович Петров*, тогда аспирант М.И. Усановича (см. комментарий к письму от 30.II.), работал в СФТИ, заведовал кафедрой физической химии ТГУ и лабораторией адсорбционных процессов СФТИ, погиб в 1941 г. под Вязмой в составе 166 дивизии. Супруга С.М. Людмила Григорьевна Майдановская (1907–1971) также физико-химик и аспирантка Усановича, сотрудник СФТИ, д.х.н., профессор ТГУ в 1969–1971 гг. См. [Профессора. Т. 3. С. 230–233]. Их дети – Артур С. Майдановский (род. 1931) – к.ф.-м. н. доцент, некоторое время декан радиофизического ф-га ТГУ и Алексей С. Петров (1938–1996), профессор кафедры квантовой электроники, проректор ТГУ, см. [Профессора. Т. 3. С. 297–299].

Начинаю понемногу готовить план курса «Теории Эл(ектро)-Магн(итных) колебаний». Работа интересная.

Был сегодня в библиотеке Томского Полит(ехнического) Ин(ститу)та. Библиотека богаче, чем в ДПИ (*Донском политехническом институте*). Нашел книги, кот(орые) мне не удалось достать на Сев(ерном) Кавк(азе) – Hertz'a (*Герца*), Poincare (*Пуанкаре*), Heavyside'a (*Хевисайда*), Brilluoin'a (*Леона Бриллюэна*) и др., а Штейнметца¹² здесь нет. Хорошо, что взял (с собой его книгу).

Библиотека СФТИ еще сравнительно небольшая, но много возможностей для пополнения.

Выбрал себе помещение для Р.Л. В этом помещении сейчас заканчивается ремонт. Мне придется помещаться рядом с Корсунским. Для работы Корсунского отведен колоссальный зал в два этажа вышиной и размером в $\frac{3}{4}$ Актового зала СКГУ (*Северо-Кавказского государственного университета*). В этом зале будут установлены трансформаторы до 100 000 в. С таким напряжением Мишка соб(ирается) получать ионы с очень высокой степенью ионизации. ...

30/IX–30 г.

... Сегодня великолепная погода, я по этому случаю побрился и одел (так!) кепку и рез(иновое) пальто. Можно собственно совсем без пальто было бы ходить. Томск подсох немного и производит сейчас вполне приличное впечатление.

Понемногу продолжаю «вступать во исполнение». Отвели мне помещение, наметил я там проводку. У нас в р.л. (*радиолaborатории*) будет 3 комнаты, не считая 4-х комнат учебных лабораторий. Получаю в свое распоряжение преобразователь на 1000 в.¹³ ...

¹² Герц Генрих (1857–1894) – немецкий физик, впервые обнаруживший электромагнитные волны в радиодиапазоне. См. [Храмов, С. 82–83]. Пуанкаре Анри (1854–1912) – французский физик и математик, один из предшественников А. Эйнштейна в создании специальной теории относительности. См. [Храмов, С. 225]. Хевисайд Оливер (1850–1925) – британский физик и инженер. Автор известных работ в области электродинамики, в частности по распространению радиоволн, по скин-эффекту, постулировал существование ионосферы. См. [Храмов, С. 289–290]. Бриллюэн Лео (1889–1969) – французский физик, впервые предложивший волновую интерпретацию квантовой механики, известен своими работами и в электродинамике и других областях физики. См. [Храмов, с. 46]. Штейнметц – австрийский инженер-физик, одним из первых решал задачу о распространении радиоволн вдоль проволочной линии, см. ссылку на его работу в книге В.Н. [Кессених В.Н., 1952].

¹³ Преобразователь на 1000 в. – очевидно подразумевается преобразователь переменного напряжения в постоянное, состоящий из трансформатора и выпрямителя. (Такие аппараты позже именовались «Блок питания».)

Вчера я с моим сожителем был в кино, смотрели «Подземное солнце» с родным Донбассом. Мне было очень грустно в кино без тебя. ...

Петров ... встретил в кино приятеля – братишка в кепке набекрень, кожаная куртка на распахку, под ней рубаха с расстегнутой грудью, колоссальные стоптанные сапоги – вернулся с геолого-разведочной практики из Саянских гор. Здесь студенты геологи и биологи, да и наши студенты путешествуют по всем концам Сибири. Один радист сейчас находится на Игарке с экспедицией Комсевморпути (*Комитет Северного морского пути*). Одна экспедиция отправилась куда-то к северу от Красноярска прошлой весной (1929 г.) и возвращается только сейчас. Понемногу я начинаю чувствовать, что Томск является культурным и научно-исследовательским центром Сибири.

... Вчера ... приценивался к валенкам. Здесь валенки называют пимы. Когда я узнал цены, так я чуть не выругался по-сибирски: «я?зви ты в пим» – от 80 до 100 р. пара!....

1/X–30 г.

Получил наконец вчера твое письмо от 22/IX... Оказывается Мишкин сотрудник по лаборатории (А.М.) Вендерович¹⁴ – Луганский житель...зовут его Александр (Моисеевич)...

Когда я вернулся с велосипедом, совершенно неожиданно оказался приглашенным на именины двух Вер – В.М. Кудрявцевой, доцентки¹⁵ и В.Е. Тартаковской (??) – жены Тартаковского. В семье Кудрявцевых угощали по сибирски – мясным пирогом, тортом и каким-то масляно-сметанно-смородино-мучным изделием по структуре напоминающим наполеон.

Компания довольно симпатичная, без фасона. В числе гостей был проф. Соколов¹⁶. Физик вроде Ерохина (*часто упоминается в письмах??*), с таким же складом ума и с такой же хитрецей, но только менее энергичный. Он заведует электро-медицинской лабораторией ФТИ.

¹⁴ Вендерович Александр Моисеевич (1903–1954) – физик, специалист в области физики диэлектриков, учился в Ленинграде, работал в Томске, Днепрпетровске. В частности, был в Томске в эвакуации в период 1941–1944 гг. См. [СФТИ. С. 314]. Имел в период работы в СФТИ (1941–1943 гг.) совместные работы с Р.М.

¹⁵ Кудрявцева Вера Михайловна (1899–1950) – физик, сотрудник Тартаковского; училась в Томске и там же проработала большую часть жизни. [Профессора. Т. 2. С. 207–213].

¹⁶ Соколов Илья Аркадьевич (1881–1957); в 1918–1920 и в 1924–1944 работал в Томске. В частности, был директором Института прикладной физики (предшественника СФТИ), а некоторое время (в 1928 г.) и.о. директора СФТИ. [Профессора. Т. 2. С. 391–393].

... Составил расписание своих занятий. Будет у меня 10 часов в декаду. В октябре и ноябре я буду читать «Теорию эл(ектро)магн(итных) колебаний» – только. Первая лекция у меня 3/X в 8 ч. утра.

2/X–30 г. ... Сегодня в 5 ч. буду делать доклад на собрании студентов о радиоспециализации.

Сейчас пытался наладить установку с осциллографом в р.л. и очень разозлился. Ни аккумуляторов, ни черта. Нужно все налаживать – беспорядок, хотя возможности по сравнению с Ростовом огромные.

Сейчас изумительная погода – гр(адусов) 15 тепла, нежный ветерок, голубое небо – просто южный берег Крыма...

3/X–30 г. Вчера получил целых три письма! ... Ты не чувствуешь, что я сейчас только выкупался в ванне... Мои попытки попасть в Томскую баню так и не увенчались успехом... Номера здесь разбирают с 2 ч. дня, для чего нужно стоять в очереди...

Сегодня, Ривок, я выступал первый раз перед моими слушателями – ст(удентами) IV курса Физ. Мех. Ф-та (*Физико-механического факультета*). На моей специализации их всего 14 человек. Ребята довольно толковые математику знают недурно. Они уже к 4 к(урсу) закончили почти всю математику вплоть до вариационного исчисления. Я читаю ... или вернее веду с ними теорию электромагн(итных) колебаний – 10 ч. в декаду, в течение 2-х месяцев. Договорился с ними насчет гектографирования. Буду писать конспекты и задания, как делал в Ростове.

Сегодня с ними повторил вывод уравнения затухающих колебаний и затем рассказал, как из уравнений Лагранжа механических можно получить ур(авнение) электрических колебаний (*по аналогии с уравнениями механических колебаний*). Слушали с интересом, и я с удовольствием читал, т.к. видел, что математических затруднений нет, знания все-таки довольно основательные.

Вчера я выступил перед первокурсниками с изложением установки спец(курса) эл(ектро)магн(итных) колеб(аний) ...

... Я тебе расскажу о том, что представляет собой Физ. Мех. Фак-т (*Физико-механический факультет*). Состоит он из отделений: Физического, Математического и Астрономо-Геодезического. Отд(еление) мат(ематики) готовит преподавателей высш(ей) мат(ематики) для техникумов и втузов, и вычислителей, а физическое – инженеров-физиков по специальностям – рентгенотехника, радиотехника и исследование материалов. Физ. Мех. является одним из 4-х союзных центров и по подготовке физиков –

научных работников. По плану Томский Физ. Мех. должен ежегодно принимать 67 аспирантов по физике для подготовки их. Но пока эта норма выполняется едва на 15%.

В общем здесь работа оч(ень). интересная. Приезжай скорей, Ривок!... В Томске сейчас настоящее лето – 15° тепла. Замечательная погода. Крепко целую. Пиши!

4/X–30 г. (карандашом) ... до 2го не пришла срочная телеграмма, кот(орую) я послал 23го?!? (*Подчеркивание и знаки – автора писем*). Ты, бедненький Ривок, нервничаешь как видно здорово – видно по почерку... Я каждый день писал письма. В курьерском я написал шт. 6 писем. Одно письмо бросил на Сев(ерном) вокзале (*в Москве*). ... Вот уж действительно всеобщая расхлябанность по которой нужно дважды по большевистски бить...

5 октября 1930 г. (на бланке радиолоборатории).

Только что получил твое и Фрумкино (*младшая сестра Р.М.*) письмо от 24.9... вчера я получил письмо от 27! ... Пишу сейчас за столом в библиотеке Ин(ститу)та после «реферативного собрания» – вроде нашего Colloquiuma. В каждом таком коллоквиуме вероятно бывает своя достопримечательность. В Ростове был Ерохин, а здесь Вендерович. Он беспрестанно вмешивается в изложение докладчика и доклады в результате очень затягиваются. 15го я буду делать доклад – сегодня наткнулся в Physical Review на очень интересную работу – новый метод измерения $\frac{e}{m}$ для

электронов. Интересно, что в этой работе для получения катодного пучка американцы брали напряжение в 100 000 volt от аккумуляторной батареи! Вот где сволочи! 10го буду в Совете делать доклад о своей последней работе – тот, что делал в Ростове...

Между прочим, с топкой будет плохо. Томский ЦРК (*Центральный рабочий кооператив*) заготовленные дрова загубил – они были сложены на берегу Томи, а она от сильных дождей разлилась и дрова тю-тю. ... Предлагают заготавливать дрова самим – в 4х в(ерстах) в тайге отводятся делянки, дают пилы и топоры и нужно самим заготавливать. На участника придется по 10 кв. м. Я думаю поработать день или два – мне это не впервой – в 19 г. летом работал на лесозаготовках под Киевом. ... По Ун(иверсите)ту я буду получать ...дальше д.б.(*должно быть*) 250 + 35% надбавки для Сибири...

7 октября 1930 г. (на бланке радиолоборатории).

... 10го делаю доклад о работе. Ты, Ривок, спрашиваешь о вступительной лекции – ее не было – не принято здесь. Между про-

чим, большая аудитория здесь дрянная и оборудование коллекционной (для демонстраций на лекциях) не ахти какое. По сравнению с нашей она богаче в отношении старых приборов только...

9 октября 1930 г. (на бланке радиолaborатории).

... Сегодня по ФТИ день, собственно говоря, выходной, но я был в Ин(ститу)те по Университетским делам. Сегодня в лабораторию наконец появился (Б.Н.) Путков – препаратор (тогда третий кроме В.Н. и Сапожникова сотрудник рл). Дядя очень интересный – радист, оператор. Ездил с экспедицией Комсевморпути на пароходе «Первая пятилетка» в Германию и назад – по Оби от Новосибирска и дальше через Карское море и Сев(ерный) Лед(овитый) океан. Ходит, как и Тюнин в меховых сапогах, но, кроме того, еще в морской форме с золотыми полосками на обшлагах. Показывал фотографии – начиная от фотографий Дрездена, Кильского канала и кончая самоедскими (ненецкими) могилами и чумами. Хвастался, как их кормили обедами из 5 блюд и горничные и официанты по всем правилам подавали с самым галантейнейшим обхождением... (К сожалению, неизвестна дальнейшая судьба Путкова. В [СФТИ] упоминаний о нем нет.) Карская экспедиция привезла довольно много всякого барахла – два рыбоконсервных завода – поставили их в Обдорске (нынешний Салехард) и еще где-то, ряд машин и ... (отточие автора письма) немецкий сахар для Сибири! Мы, оказывается, подъедаем немецкий сахар сейчас ...

13.10.30 г.

...Ривок! Первые впечатления мои конечно были поверхностны. Насчет красоты и елей – есть и то и другое. Я, знаешь, пока что нахожусь под гнетом массы впечатлений ... только понемногу начинаю сознавать, что я нахожусь в центре Сибири. Так видишь ли особенных отличий как будто нет – напряжение силы тяжести такое же, говорят по-русски, лозунги такие же, в кино идет тот же св(ятой) Йорген (Известная кинокартина «Праздник св. Йоргена» с И. Ильинским в главной роли). Но постепенно начинаешь замечать местные отличия. Много очень людей с лицами монгольского типа, говорящих на каких-то неизвестных языках (скорее всего по-татарски). Все время слышишь разговоры о Карской экспедиции, которая идет сейчас вверх по Оби и везет импортные грузы... в Красноярск прилетел (известный полярный летчик) Чухновский (на таком же расстоянии как Владикавк(аз) от Ростова).

Покупаешь кедровые орехи вместо семечек (так!) и, наконец, взглядываясь в карту, координируешь всякие газетные сведения, впечатления и т.д. ...

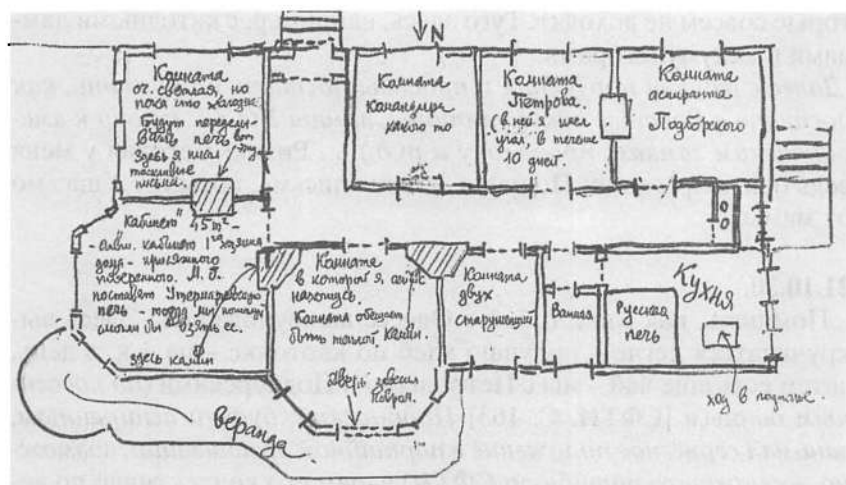


Рис. 2. План дома, в котором размещались аспиранты ТГУ (из письма от 13 октября 1930 г.)

Сейчас изумительная погода стоит. Тепло – просто можно ходить без пальто. Это, говорят, противоестественно.

Ездил на велосипеде за город на берег Томи. ... молчаливая тихая река. Берег высокий – метров 100, вдали видна тайга. На берегу роща еловая и березовая.

15.10.33 (описка автора письма)

Дорогая Вишенька! (девичья фамилия Р.М. – Вишневецкая)

... У вас холодно, а здесь было до сегодняшнего дня тепло... Я немного начинаю ориентироваться в Сибирской географии. Река Томь вытекает со склонов Алтая (точнее Кузнецкого Алатау)... От Томска до истоков Томи – около 600 км. Берег, на котором стоит Томск, уже имеет высоту около 100 м. ... Сейчас здесь идет большая работа по развертыванию добычи ископаемых. Руководство этой работой сосредоточено в Томске – в Шахтстрое. ... В Институте работа идет, но не так уж быстро. Здесь есть многое, чего не было в Ростове, и нет многого, что было в Ростове. Так, например, нет тонкой проволоки железной и константановой для термоэлементов, зато есть стеклодув и вольфрамовая проволока разных сортов. Снабжаться надо в плановом порядке¹⁷ – т.к. в магазины приборы поступают с запозданием, а неко-

¹⁷ Снабжаться надо в плановом порядке – видимо в это время в обеспечении научных исследований ещё существовали пережитки НЭПа в виде попыток рыночных закупок необходимого оборудования, но, как видно из писем, они чаще всего терпели крах.

торые совсем не доходят. Туго здесь, например, с катодными лампами и аккумуляторами.

(Далее следуют поручения и просьбы достать или узнать, как достать в Ростове аккумуляторы, лампы УО-3¹⁸, ключи к американским замкам, проволоку и т.д.). ... Ривок! Сегодня у меня ведь опять праздник! Получил 3 твоих письма, посылку и письмо от мамы...

21.10.30.

...Помнишь, как мы с тобой в Одессе выкручивались! Здесь выкручиваться легче – получаю хлеб по карточке – на 4 к. в день, затем есть еще чай – мы с Петровыми и Подборскими *(по косвенным данным [СФТИ. С. 163] Подборский, будучи аспирантом, занимал серьезное положение в партийной организации, возможно, – секретарь партбюро СФТИ)* варим его коллективно по вечерам. Можно сытно пообедать за 45 к. и позавтракать или поужинать за 35 к. Большую подмогу оказали твои конфеты *(из посылки)*, некоторое время они заменяли обед. Вчера хотел получить в сберкассе 2 р. из оставшихся трех – но там не оказалось мелких денег, а у меня не оказалось крупного вклада – и до вечера просидел без еды. Вечером подвезло – у Петровых сейчас живет студент, вернувшийся с геолого-разведочных работ с Енисея. У него из «таежных» запасов остался мешок с ржаными сухарями и мед...

...получил (неожиданно быстро) подъемные по Университету (249 р. 58 к.), т.е., виноват, не самые подъемные, а чек в банк. В банке помогло мое командировочное – вообще-то с чеками тут приходится неделями бегать – мне разрешили перевести часть в Ростов, а часть на сберкассу...деньги должны быть получены послезавтра – но они могут промариноваться и дольше... Зима будет в общем трудная, но я все-таки очень доволен, что мы приняли с тобой решительный шаг. Шаг этот открывает перед нами большие перспективы. Физико-Технический Институт представляет собой очень большое поле для деятельности и нужно только это поле вспахать по всем правилам агротехники...
...Никак я еще не приспособлюсь к стеклодуву. То, что мне казалось весьма простым делом, он считает трудным предприятием и наоборот весьма сложное, на мой взгляд, изготовление Лангмюровского *(парортутного вакуумного)* насоса – для него пара пустяков...

¹⁸ Лампа УО-3 – одна из первых отечественных радиоламп повышенной мощности, триод с прямым накалом и оксидным катодом (производства завода «Светлана»).

... Плохо только с кадрами – выдвиженцев (в аспирантуру) пока нет за исключением одного (М.Я.) Соляника – довольно чудаковатого человека – не знаю, что из него выйдет. Стали было одного окончившего – (Н.А.) Фогеса проводить в аспиранты, а с ним случилось вдруг непредвиденное осложнение – впал в правый уклон – отказался ехать на хлебозаготовки (он партиец). (в [СФТИ] упоминания об аспиранте Фогесе встречаются вплоть до 1935 г.) Все остальные окончившие уже получили наряды и разъехались. Недурно было бы заняться импортом кадров. А так очевидно придется ориентироваться главным образом на студентов...

25.X.30

Ты наверно совсем пришла в отчаяние от моего молчания – ведь я, кажется с 21-го числа, не посылал тебе писем. Кризис, постепенно усиливаясь, дошел можно сказать до точки. ... Но сегодня я, наконец, добрался до денег. Дали мне 100 рублей и как раз ... принесли извещение со станции о прибытии вещей. ... довольно хорошо они пришли – всего 1 мес. 12 дней – в точности согласно контрольным срокам. Контрольный срок – около 45 дней (4500 Km), а дошли даже скорей. ... Сегодня я по случаю продолжительной голодовки все-таки позволил себе роскошь – пошел в столовую № 6 и пообедал на 4 рубля. Принимая во внимание, что был день, когда я обедал на 8 коп... Но дальше буду уже осторожен.

Ривок! Завтра я получу справку о маме и Фруме и пошлю¹⁹. У нас только что закончилось оформление месткома. Справку даст местком.

Очевидно, по моей роже видно было, что получил монету, – сейчас же Мишка подстрелил (взял взаймы) 10 р. и Вендерович – 5 р. Я ... получил ордер на фуфайку – так, оказывается, можно будет получить в кредит в счет жалованья. Также как будто можно будет в кредит прикрепиться к столовой и даже предлагают в кредит получать билеты в театр. ... Что-то мне не охота без тебя идти в театр. Сегодня в Ц.Р.К. начали выдавать сахар всем по цене 2 р. 50 к. Кг. – я думал, что сахарная волна дойдет сюда гораздо позже.

¹⁹ «...о маме и Фруме». Мать Р.М. Евгения Григорьевна Вишневецкая (Бродянская) недавно потеряла мужа Михаила Соломоновича («... бедный твой папа» – он около года в 1928 г. находился в заключении) и жила с малолетней (1920 г. рождения) дочерью Фридой, она же Фрума (ум. в 2003 г. в Риге). Другие три дочери Зинаида, Дора и Берта (Бетя) были уже замужем и жили отдельно, как и сыновья Юзеф и Самуил (Миля). Владимир Николаевич взял на себя обеспечение Е.Г. и Фрумы. Вскоре Е.Г., впрочем, вторично вышла замуж и уехала в Тбилиси. У Берты Михайловны, видимо в результате тяжёлых родов («... бедная Бетька», см. письмо от 9.12.) в ноябре 1930 г. родилась дочь Елена.

Печку я затопил сегодня – занял дрова у Подборского – завтра думаю отдать. Вероятно, придется перевести 50 р.75 р. я уже перевел через банк телеграфом ...

... У «нас» уже за эти дни успела наступить зима – выпал снег – сначала он все норовил подтаять, но небо с большим упорством подсыпало все новые порции, т(ак) что эти попытки пришлось бросить. Уже появились сани. Но мороза нет еще – – 2–3° всего. ... Твой воспрянувший духом Володькин.

25.X.30

Сегодня у меня можно сказать был день самообслуживания. С утра пошел на базар за дровами. Выбора большого не было – на дровяном базаре были только одни сани (*один продавец*). Хозяин – почтальон из деревни Кисловки – по дороге за почтой захватил дров и куль картошки... (я) купил и то и другое – за 25 руб. все – принимая во внимание, что одна доставка в Ростове стоит 25 р. – это не так уже дорого. После этого пошел на Томск I за вещами... Уплатить пришлось всего 30 р. 17 к. за перевозку по ж.д., да 8 р. за подводу. Подводчик попался мне мальчишка лет 9 – но ужасно солидный ... совсем как у Некрасова. Погрузил все на вокзале его брат, ... ну а разгружать пришлось мне самому. Сейчас распаковал все ...

29.X.30

Сегодня опять «постный день» – нет от тебя писем. ...нашло мирное настроение и потребность в лирически поэтическом отклике ...

(далее выписана страница стихотворений Шиллера – «Путешественник» и «Беспредельность»)

... Мои поэтические излияния были прерваны экскурсией в область прозы. Ходил в СНР (*столовую научных работников*) зарегистрироваться для получения обедов и ужинов в столовой СНР. Столовая открывается 1/IX. Обед будет иметь калорийность 1200, а ужин 500. Цена 1 р. и 50 к. Расчет будет безналичный – т.е. путем удержания из зарплаты...

Ривок! Ты мне ничего не написала – где и как вы сложили уголь – дали все-таки подвал, или нет.

Сейчас пойду к Корсунскому – хочу посоветоваться с ним насчет поездки в центр, в связи с производственной практикой... Когда будут кредиты на особый квартал²⁰ по ТГУ и ФТИ я переведу (тебе) деньги на декабрь мес(яц) и «подъемные».

²⁰ ...особый квартал – что-то из реалий первой пятилетки. Квартал ударного завершения пятилетки?

около 30 октября 1930 г. (угол с датой оторван)

...Легче стало, получил от тебя два письма от 16/X и 18/X... Сегодня удалось мне перевести через сберкассу по телеграфу 60 р. на домашний адрес... Нам с начала ноября дадут вероятно специальные заборные книжки, по которым будут отпускать в магазинах в счет жалованья...

Сейчас Ривок сижу за столом нашим. На столе лежат письма с твоим почерком... и кажется, что ты войдешь, положишь книжки и скажешь «фу, к черту, опять сегодня Лапин (*ростовский преподаватель??*)»... Знаешь, я на тебя недоволен (*так!*) – ты слишком поверхностно описываешь свое Ростовское житье. Пиши обо всем подробно – опиши за каким столом ты занимаешься, что у тебя лежит на столе, куда прячешь бумагу и письма; как приспособили наш «гардероб», где спишь ты, где мама и Фрума... Напиши мне подробно про ваши студ(енческие) конференции и собрания. Когда же вас, наконец, выпустят (*когда окончите обучение*)?...

Сегодня у меня был разговор с представителем IV курса о разных «производственных» вопросах. Вопросы касаются гл(авным) образом производственной практики. Зимняя практика начнется на IV (курсе) с I/I и продолжится до 15–30/III. К этой практике нужно произвести большую подготовку – нужно разработать программы практики, связаться с местами практики и подготовить студентов к практике...

11.11.30.

...Как, Ривок, проходит твоя практика? Работаешь ли ты в школе или и на производстве приходится бывать. Сейчас у нас идет подготовка к НПП (*научно-производственной практике*). Здесь это дело посерьезней, чем на Педфаке. Старшие курсы едут в Москву и Ленинград. Младшие – пока точно не знаю, но возможно, что тоже поедут в центр. Между прочим, по поводу Iго курса был большой спор... П.С. Тартаковский хотел первый курс освободить вовсе от практики, а на 2м курсе практику перенести на лето – т.о. оказалось бы что «непрерывка» – непрерывно откладывалась бы. Один из мотивов такой – что студенты, побывав на производстве, могут затем усомниться насчет целесообразности не вполне производственной установки нашего факультета. Аргумент оригинальный! Вообще Тартаковский держится как (В.П.) Вельмин (*преподаватель СКГУ, ростовский профессор математики [РГУ. Юбилейный сборник 25 лет]*) до чистки или (Е.В.) Богословский²¹ в молодости. Его сотрудники утверждают,

²¹ Учитель Владимира Николаевича Е.В. Богословский (1885–1939), см. [Парзян, 2003; Аркадьев В.К., 1939] вышел из московской школы П.Н. Лебедева,

что он неисправим и никакому воспитанию не поддается. Посмотрел бы я, как он обломался бы у нас в Ростове!

... Я не выдержал и довольно резко выступил по поводу (этих) «академических аргументов».

Вчера у нас было длинное заседание Бюро СНР (*Союза научных работников*) – Корсунский докладывал план производственной работы. Он большой трепач все-таки. Между прочим, он на стороне П.С. в вопросе о практике I-го курса. Я для того, чтобы сбить эту линию вызвал его на соревнование по проведению Н.П.П. (*научно-производственной практики*).

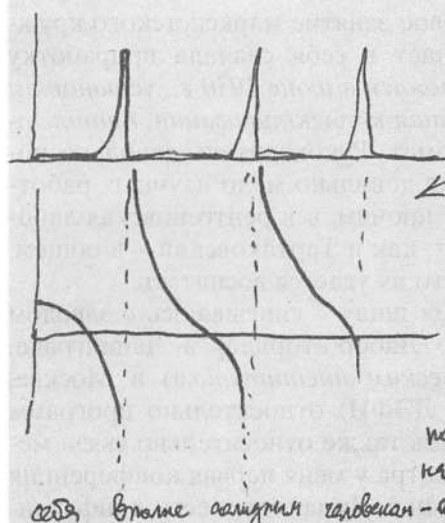
13.11.30. ...Наша почтовая машина работает, как – скажем заторможенное колесо едет по рельсе – застрянет, потом соскочит, потом снова застрянет. В общем, тот тип явлений, который был подробно исследован Вебер'ами и Гельмгольцем – в связи с образованием волн на поверхности воды под действием ветра ... Период колебаний по отношению к твоим письмам – сейчас почти установился – три дня нет писем – потом сразу четыре письма, потом опять нет и т.д.²²...

Сегодня ... развиваю большую производительность с 8 до 12 проводил конференцию с IV к. по теории э(лектро)м(агнитных) к(олебаний). Метод такой – дал каждому по одному, еще не разбиравшемуся нами случаю вынужденных колебаний связанных систем. Ребята работали с удовольствием, и чувствуется, что они уже кой чему подучились. Мое педагогическое сердце было приятно польщено замечанием Тюнина – «а ведь очень интересно так заниматься – не то, что у других, напр(имер), у Петра Саввича – тянется, тянется урок, а тут не замечаешь, как время проходит»..... На этом месте в письме (*в написании письма*) перерыв ... писал в лаборатории после окончания составления заявок на заграничные заказы перед «лабораторным совещанием». В общем,

в 1910–1915 гг. работал в Варшавском императорском университете, на базе которого после эвакуации в Ростов был создан ДГУ (СКГУ). Непосредственным руководителем Е.В. в Ростове был профессор А.Р. Колли, трагически погибший в 1918 г. Основное направление работ Е.В. – исследования взаимодействия радиоволн с веществом. К числу его известных учеников кроме В.Н. принадлежали Н.С. Новосильцев, Р.Д. Шульвасс-Сорокина, К.И. Алексева, Н.А. Добротин (будущий академик).

²² Вебер Вильгельм Эдуард (1804–1891) – выдающийся немецкий физик. Разработал теорию электромагнитных явлений, измерил скорость света, автор теории элементарных магнитных диполей (1854) и многое др. Волны на воде и в воздухе изучал совместно со своим менее известным братом Э. Вебером. Отсюда «Веберам». См. [Храмов. С. 58]. См. репродукцию копии письма на рис. 3. Гельмгольц (Гельмгольц) Герман Людвиг Фердинанд (1821–1894) – крупнейший немецкий естествоиспытатель, исследователь многих физических и физиологических явлений, в том числе в области акустики. [Храмов. С. 79]

Наша погребная машина работает как - сжатый заторможенное колесо едет по рельсе - застрянет, покат соскакивает, покат снова застрянет. Вообще тот тип явления который для подробно исследован Вебер'ом и Гельмгольцем - в связи с обрешиванием волн на поверхности воды под действием ветра и в атмосфере (ряды облаков). Период колебаний по отношению к твоему письму - сейчас почти установился - три дня нет писем - потом сразу затопило письмо, потом опять нет и т.д. Кривая следовательно имеет такой вид:



Соответственно с этой кривая моего настроения идет такой образом:

Колеса как видите значительные, как будто большой материал от резких колебаний напрутки. Дистро увеличивается и уменьшается. Если у тебя ход кривой такой же, то оттого, что мы оба к моменту встречи настроены не на погоду а года на 3. Знаешь я сегодня получил еще больше сведений - старика. Ну конечно это

Отрывок из письма от 13 ноября 1930 г.

составили заявку на 64.000 марок. Буду настаивать на максимальном удовлетворении... в прошлом году все заявки ФТИ были аннулированы....

16.11.30. ...Выкупался, напился чаю, постелил чистое белье, ... а спать не хочется. Захотелось поболтать с тобой... Зашел в парикмахерскую томскую - в первый раз, и мне показалось, что я восстановил связь с моей до-томской жизнью. Понимаешь ли, здесь все настолько было ново и не связано со старым, что я жил все это время как какой-то насторожившийся охотник в неизвестной стране.

Теперь страна изучена более или менее. Под несколько иными формами скрывается та же жизнь, что и везде. Люди те же, учреж-

дения такие же, а когда я зашел в парикмахерскую, то легко можно было представить себе, что, выйдя из нее на улицу, можно зайти в ГУМ-2, постоять в очереди за балыком, потом пройти в Хуторок, подраться из-за яблок, а затем придя по адресу Братский 21 кв. 4 разбудить тебя...

около 17–19 ноября 1930 г. (дата не сохранилась) ...Вчера получил аж-аж-аж 3 письма. ...от 30/X, 3/XI и 4/XI...взял самое толстое и самое свежее письмо – от 4. Оказалось, что это письмо реагирует еще только на период «трудностей» – 20–25 числа. Все-таки долго идут волны (*наших писем*) – отраженная волна застала меня уже во вполне благоприятном состоянии...

Вчера у нас состоялось первое занятие марксистского кружка. Программа кружка включает в себя сначала проработку решений XVI партсъезда (*состоялся в июне 1930 г., установки: ликвидация кулачества, сплошная коллективизация, пятилетка в четыре года*) а затем диамат. Руководитель довольно посредственный, и вовлечено пока довольно мало научных работников в работу кружка. Между прочим, вся рентгеновская лаборатория полностью отсутствует, как и Тартаковский – в общем, весь «Ленинград». Но думаю, что их удастся воспитать.

Вчера и сегодня я все время пишу – списываюсь с заводом Светлана, Центральной Радио Лабор(аторией) в Ленинграде, ВЭИ (*Всесоюзным энергетическим институтом*) в Москве, (Д.А.) Рожанским²³ (в ЛПИ и ЛЭФИ) относительно программ Н.П.П. С Рожанским списываюсь также относительно связи между нашими лабораториями. Завтра у меня первая конференция с 4м курсом – по теории колебаний. Думаю провести конференцию, раздав каждому по задаче еще не решенного типа...

²³ Дмитрий Аполлинарьевич Рожанский (1882–1936), выдающийся российский и советский радиофизик, в тот период возглавлял лабораторию в ЛФТИ. См. [Рожанский И.Д., Рожанская М.М., Филонович С.Р. 2003.]. С 4.10.30 по 26.07.31, то есть как раз в момент написания этого письма находился в заключении якобы за участие в «контрреволюционной организации», фактически за отказ публично поддерживать смертную казнь осужденных за «организацию голода» работников пищевой промышленности, по так называемому «Делу 48», состоявшемуся в сентябре 1930. Об аресте Рожанского сообщалось только в «Ленинградской правде» 28 сентября 1928 – в статье «Рожанским не место в семье советских ученых». Хлопоты Иоффе перед Кировым и Орджоникидзе ни к чему не привели. Однако Д.А. по предъявленным обвинениям ни в чём не сознавался. После объявления Сталинских 6 условий переведён в мае в ленинградское техническое бюро (типа «шарашки»), а 26 июля был освобождён. Его работы в последующие годы относились к разработкам клистрона, газовому разряду, технике и принципам радиолокации. Очевидно, что В.Н. регулярно читал газеты, но, разумеется, только местные и центральные!

28.11.30 г. Дорогой Ривок!

У меня за последние <дни> образовалось целое бюро переписки. Каждый день получаю по 2 письма или, по крайней мере, по одному. Сегодня получил тоже два письма – одно от Маруськи и одно от <И.П.> Жеребцова.

Бедный Жеребцов сообщает о своем «задвижении», с настроением таким же, как у Бутлара²⁴. Пишет, что в Институте кавардак, неразбериха. Хлопочет об организации при Ин(ститу)те краевой радиолaborатории. Надо будет ему поскорее написать. Маруська пишет в очень бодром тоне. Сделалась общественницей, работает в ударной (студенческой) бригаде в окружении 14 взрослых дядей, бывших производственников и партийцев, посещает собрания комсомольской ячейки и собирается вступать в ВЛКСМ! С презрением отзывается о Ростовской студенческой среде. А помнишь, как мы с тобой спорили с ней! Встречается с Сеней не очень часто – раз в 3–4 дня, по временам видится с Женей – он сейчас студент радио-техн(ического) отд(еления) электротехнического факультета ЛПИ. Увлекается <Маруся> геологией и вообще ВУЗ'ом²⁵. Что мне завидно – собирается ехать в январе домой – увидит тебя – а я еще сколько должен ждать. Сегодня сообщили мне опять насчет командировки. Вопрос окончательно еще не решен. Сессия ГУС'а назначается на 17/ХII – откладывается ввиду того, что Вышинский (тогда также ректор МГУ) должен участвовать в деле «Промпартии»²⁶. Может быть, все-таки еще поеду...

²⁴ В одной из недавно защищенных диссертаций указано: «Значительный вклад в развитие физико-математических наук внес первый заведующий кафедрой физики физико-математического факультета Ставропольского пединститута, а также зам. декана физико-математического факультета того же института, кандидат физико-математических наук, Бутлар Виктор Александрович». [Новик Н.Г., 2005]. Возможно, речь в этом отрывке и в письме В.Н. идет об одном и том же лице.

²⁵ Маруська – племянница В.Н. Марья Борисовна Кессених, в замужестве Бородаевская (1911–1994). Тогда училась в Ленинградском Горном институте, в будущем доктор геолого-минералогических наук, профессор, специалист по месторождениям золота и меди. Одно время главный специалист Мингеологии СССР по меди. Автор нескольких монографий. Сеня – её (будущий) первый муж. Женя – Е.В. Андреев, М.Б. вместе с В.Н. встречала Женю в Ростове в 1928 г. (см. ниже). Квалифицированный радист и радиотехник, впоследствии выполнял важные задания за рубежом.

Жеребцов И.П. – коллега В.Н. по РГУ, см. в [Кессених В.Н., 1983. С. 173]. Е.В. Андреев в 1928 совершил поход на учебном парусном корабле «Вега» из Ленинграда в Ростов н/Дону вокруг Европы, поддерживая непрерывную связь с радиостанцией Ростовского университета, где работал И.П. Жеребцов. Станция Андреева имела мощность в несколько ватт.

²⁶ «Сессия ГУС'а назначается на 17/ХII» – Сессия Государственного учёного Совета в Москве. ГУС – тогда выполнял функции коллегии руководящей высшим образованием и наукой в СССР, см. также [СФТИ]. По-видимому, как ректор МГУ Вышинский играл в ГУС важную роль.

Сегодня у нас снова зима настоящая -15° днем, 20° ночью... Приятно скрипит под ногами снег. Дым энергично идет из всех труб и лезет вертикально вверх. По улице то и дело пробегают лыжники. ...

Много сейчас приезжает крестьян на санях – с дровами, мукой и всякими прочими вещами. Дрова все дешевеют – сейчас стоит 8 р., иногда можно купить и по 7 р. ...

Вчера купил мебель для лаборатории. Сегодня ее уже перевезли. Кузнецов жметса, боится что я его разорю – шутка ли по загр(аничной) заявке у меня после рентг(еновской) лаб(оратории) самая большая заявка – 20.000 р.

У меня большая радость – появилась новая партия аккумуляторов 80 в. Думаю приобрести 3 батареи – если дадут.

Скоро начнется уже настоящая лабораторная работа, за которой (так!) я уже порядочно соскучился.

Послезавтра будет последнее занятие по курсу теории э.м. колебаний. В общем, и целом, результатами курса я до некоторой степени доволен. Сам я на нем многому подучился.

Сегодня, через полчаса, будет очередное сражение на академическом фронте – заседание методического совещания. Перед заседанием секр(етарь) ячейки и пред(седатель) профкома советовались со мной насчет постановки спорного вопроса (*о бригадном методе?*) – вопрос заключается в том, что студенты разбиваются на группы по 3–4 чел., – и вся группа в целом берет на себя обязательство своевременно и наилучшим образом прорабатывать курс, таким образом, что группа не имеет права получить зачет до тех пор, пока все ее члены не проработают отдел (*раздел?*) как следует. Наверно Псавич (*Петр Саввич Тартаковский*) будет выступать против, а также его подголосок – Мишка (*М.И. Корсунский*). ...

30.11.30. Пишу после заседания Совета ФТИ. На этот раз центр тяжести был не в организационных вопросах, а в научном докладе. Правда, в первой части был доложен отчет Правления о работе Ин-та за год. Отчет делала довольно неуклюже (В.М.) Кудрявцева (*см. комментарий к письму от 1/Х*), а затем поднялась по его поводу дискуссия между членами Правления ... некоторые пункты казались отд(ельным) членам ... неправильными. ... вышло, что ругают отчет за который сами ответственные.

Вот некоторые цифры из отчета – расход за истекший год, включая зарплату 100.000 р., велось ... 48 работ, напечатано 15 работ.

После отчета были прения. Больше всего разговоров было насчет того, как производилась посылка на съезд физиков. Ока-

зывается, из молодых научных работников поехал только один, хотя пособие было 600 руб. и 3 бесплатных проезда.

Доклад научный делал В.Д. Кузнецов – на тему «о фигурах травления». Это первый научный доклад В.Д., который я слышал ... Дело в следующем – если на кристалл поместить каплю воды, то при растворении, по словам общепризнанных авторитетов и всех учебников, образуются углубления с ярко выраженными гранями или вообще какой то ориентировкой. Кузнецов попробовал получить эти фигуры, и они ... получились не очень отчетливо. Результат своих неудачных опытов Кузнецов быстро очень истолковал как доказательство того, что «врут все календари». Он считает, что никаких фигур травления *нет*), а и сейчас же подвел под это теоретическую базу в виде работы Косселя. Знающие люди говорят, что он эту работу плохо понял... У меня в Ростове издавелека по поверхностному знакомству с его работами, составилось впечатление о нем, как о экспериментаторе, чрезвычайно любящем экспериментировать, но без определенной ясной цели. Здесь это мнение начинает подтверждаться, и, по-видимому, ленинградцы придерживаются того же мнения. ... Эту (свою) работу он (Кузнецов) уже собирался двинуть в печать. Немудрено, что у него около 100 работ²⁷! ... Из здешних работников мне начинает очень нравиться М.И. Усанович²⁸ – физико-химик. Прежде всего, несмотря на свое химическое образование, он хорошо знает математику..., хорошо знает квантовую физику, и обладает весьма ясным умом.

²⁷ Кузнецов В.Д. – невзирая на критическое отношение некоторых сотрудников СФТИ к своему лидеру, необычайная работоспособность и настойчивость в работе привела именно В.Д. к наибольшим успехам из всех томских физиков. Следует отметить, что в 1929 и 1931 гг. В.Д. выражал в письмах к Н.Н. Семенову [СФТИ. С. 103–104] и к А.Ф. Иоффе [СФТИ. С. 149–150] беспокойство по поводу того, что некоторые (правда, немногие) томские физики и новые сотрудники СФТИ выражают ему недоверие. Позже (после выхода в свет первого тома «Физики твердого тела» [Кузнецов В.Д., 1932]) в 1933 г. [СФТИ. С. 182] В.Д. выразил в письме к А.Ф. Иоффе настойчивое желание выехать из Томска. В дальнейшем жизнь расставила всё на свои места. Практически важные и реально выполнимые в условиях Томска работы привели В.Д. к заслуженному признанию.

Коссель Вальтер – (1888–1956) – немецкий физик-экспериментатор. Область интересов спектроскопия, теория химической связи и периодической системы, дифракция рентгеновских лучей и электронов, электрический разряд, физика твёрдого тела, физика кристаллов. См. [Храмов. С. 144].

²⁸ Михаил Ильич Усанович (1894–1981), физико-химик, учился и работал в Житомире, Киеве (в частности, под руководством В.Н. Вернадского), в 1929–1935 гг. в Томске, затем в Ташкенте и Алма-Ата. Область интересов – физико-химические свойства жидких растворов. Покинул Томск в 1935 г. См. [Профессора. Т. 2. С. 436–438].

Несомненно, что самый способный здесь П.С. Тартаковский²⁹...

6.12.30. ...Ривок! Напиши мне как-нибудь, как выглядит сейчас Ростов. Интересно, как там сейчас с содержимым магазинов ... интересуется – здесь по-прежнему лучше ... или хуже, чем теперь в Ростове. Чего здесь ты не увидишь – это Ростовских водяных киосков. Чего сейчас «Родник» преподносит своим клиентам? Сиропы наверно стали сладкими. ... Пришли мне как-нибудь № Молота (*Ростовская областная газета*), поинтересней выбери №.

Я ... настряпал и сдал в «Красное Знамя» заметку насчет книжного отдела (в магазине)... нечто напоминающее гимназиста из Чеховской «Жалобной книги»... Очевидно, тут сказалась библиотечная наследственность. Недаром мой прадед был переплётчиком³⁰...

²⁹ *самый способный* – самые способные стремились заниматься проблемами атомного ядра и квантовой физикой твёрдого тела, что поддерживалось комиссией ГФТРИ в составе И.В. Курчатова и И.М. Рубановского, посетившей Томск в июне 1931 г. [СФТИ. С. 154–157], но не встретило достаточной поддержки в СФТИ середины 1930-х годов, да и было затруднительно при отсутствии живого контакта с коллегами из центра. «Способные» уехали из Томска к 1937 г. ...

³⁰ «...прадед был переплётчиком». Фамилия «Кессених» является «типичной рейнской фамилией (*ganz Rheinische Nahme*)» и по семейным преданиям, подтвержденным некоторыми документами, Иоганн Адам Корнелиус Кессених был переплётчиком, он родился в 1786 г. в Кёльне и жил затем в Риге. Там он в 1818 г. женился на овдовевшей известной прусской героине войны 1813–1815 гг. Луизе Эстер Манюэ (Графемус) и жил после этого в Петербурге, где его супруга содержала известные по произведениям Н.А. Некрасова («Прекрасная партия») и М.Е. Салтыкова-Щедрина («Благонамеренная история») «танцклассы Кессених» [Кессених В.А., 1998]. Сын И. Кессениха Карл был отцом Николая Карловича Кессениха (1865–1930) служащего императорских железных дорог, отца Владимира Николаевича.

«...библиотечная наследственность». Старший брат В.Н. Борис Николаевич (1887–1965) и его старшая сестра Вера Николаевна (1892–1982) были известными в Ростове специалистами библиотечного дела. Вера Николаевна впоследствии (во время эвакуации в 1942–1944 гг.) работала в библиотеке ТГУ, а в 1945–1955 гг. в Наркомпросе и Комитете по делам культурно-просветительных учреждений («ККПУ») РСФСР занималась областными библиотеками. В конце 1930 г. брат (с женой Евгенией Атабеевной) и сестра В.Н. Кессениха жили совместно с их матерью Кессених (Тихоновой) Марией Николаевной (1866–1956). Младший брат Александр (1905–1986) окончил Донской политехнический институт в Новочеркасске и работал уже тогда в Таганроге в авиастроительном КБ.

...я еще не приступил к писанию последней Ростовской работы. Надо приниматься,... а то она ... протухнет и придется ее выбросить как гуся³¹.

Вчера было реферативное собрание с не особенно интересными докладами. После него марксистский кружок с докладом (В.М.) Кудрявцевой «О межд(ународном). положении». ...

7.12.30. Родной мой Ривок!

... А как же я тебя буду называть, когда ты переделаешь имя? Я привык тебя называть так... По-моему большого значения не имеет. А как ты хотела бы называться? Напиши свои варианты! И не вздумай посылать объявление в газету без меня³². ... Вчера, Ривок, сразу внезапно свалилась куча дел. Мишка (*Корсунский*) срочно стал готовиться к отъезду в Москву (сегодня он уже уехал) и нужно было ему подготовить поручения по нашей лаборатории. Между прочим, пока еще неизвестно – поеду ли я, или нет. Для того, чтобы Мишка лучше выполнил мои поручения – я ему дал взятку – наш светр (*свитер*) в дорогу...

... уже скоро середина декабря, а температура около 0°... сыпет снег и дует ветер. ... Средняя многолетняя за декабрь мес. – -17,5°. Сл. ...вторая половина должна быть с тем(пературой) -35°. Я с нетерпением жду сибирских морозов...

Вчера попытался я снова с помощью стеклодува (*о выдающемся мастере стеклодуве П.А. Дементьеве, приглашённом в Томск в 1929 г. и уехавшем в 1931 г. упоминается в [СФТИ. С. 170]*) сделать термоэлемент ростовского образца... С стеклодувом я подружился за это время. У нас есть общая точка соприкосновения – у меня пристрастие к стеклодувному делу, а у него радиолюбительская болезнь. Кроме того, у него есть еще болезнь – алкоголизм, посему желая принести пользу Ин(ститу)ту, я всячески поддерживаю его радиолюбительские занятия.

Вчера после пайки т.эл-та (*термоэлемента*) Вендерович потащил меня в кино... «Завтра ночью». Очень хорошо сделанная картина. ...

9.12.30. ...Сегодня вставши в 7 ч. ут(ра) был в разгоне до 10 ч. в(ечера). С 8 до 2-х спецлаборатория, а затем рыскал по магазинам, выискивая необходимые вещи. К своему удовольствию

³¹ «...выбросить как гуся» – намек на то, что при отъезде из Ростова В.Н. взял с собою жареного гуся, который пропал в дороге (упоминается в опущенном здесь тексте письма).

³² «... как ты хотела бы называться» – Изменение еврейского имени на похожее русское, видимо, было тогда не редкостью и могло иметь практический смысл.

кое-что нашел в радио-отделе Ц.Р.К., а самое главное появились стальные рулетки, которые, как тебе известно, являются одной из важных частей Лехеровских систем (см. примечание к этому письму в конце). Потом в закрытом уже за поздним временем магазине Сибторга разглядел через окно мраморные доски и моторы – тоже весьма интересные предметы. На лаборатории мы сегодня занимались проектированием частей установок. Занятие довольно хлопотливое – одновременно проектируются 8 установок. Предварительно я раздал студентам статьи из иностр(анных) журналов, ну а сейчас уже подходим к самой работе.

Темы для работ я выбрал таким образом, что они, во-первых связаны с предстоящей практикой студентов в лабораториях Москвы и Ленинграда.

Работы такие: 1. Абс(олютная) градуировка к.в. (коротковолнового) волномера при помощи настройки на гармоники и изм(ерение) дл(ины) волны в Лехеровской системе³³. (...Хахалин и (Т.С.)Савченко).

2) Исследование у.к.в. (ультракоротковолновых) генераторов по битрехточечной схеме³⁴ – Валеев и (Н.В.) Желонкин (впоследствии аспирант).

3) Исследование дросселей для у.к.в. (ультракоротких волн) – Коломыцкий и Водопьянов³⁵.

³³ градуировка к.в. (коротковолнового) волномера при помощи настройки на гармоники и изм(ерение) дл(ины) волны в Лехеровской системе. Лехеровские системы – двухпроводные линии, устройства для непосредственного измерения длины волны электромагнитных колебаний метрового и дециметрового диапазона по расстоянию между максимумами амплитуды в стоячей волне. Названы в честь Э. Лехера. Лехер Эрнст (1856–1926) – австрийский физик-экспериментатор. Область интересов – электричество, термоэлектричество, электромагнитные колебания и волны. Метод Лехера (электромагнитные волны в системе с параллельными проводниками) датируется 1890 г. – См. [Храмов. С. 162].

³⁴ ... у.к.в. (ультракоротковолновых) генераторов по битрехточечной схеме – генераторы электромагнитных колебаний с длиной волны (по классификации, приводимой в книге [Кессених В.Н., 1952]...) несколько метров и короче (частота порядка 100 МГц и более) на двух радиолампах с присоединением управляющих сеток триодов к середине катушки резонансного контура (третья точка включения).

³⁵ Константин Алексеевич Водопьянов, 1908–1962. См. [Профессора. Т. 3. С. 80–84]; – работал совместно с В.Н. Кессенихом в СФТИ, стажировался у Д.А. Рожанского, стал после войны профессором ТГУ в 1953 – 1958. Специалист по измерениям диэлектрических свойств электроизоляционных материалов. Основатель кафедры электроматериалов ТГУ. В годы войны руководил работами в этой области в СФТИ, где под его руководством, в частности, работала Р.М. Кессених.

4) Баркгаузеновские колебания³⁶ по нормальной схеме. Петровская и Васильева.

5) Баркгаузеновские колебания с настроенной сеткой. (А.Н.) Сидоров (*впоследствии аспирант и заместитель директора СФТИ*).

6) Баркгаузеновские колебания в области карликовых длин волн³⁷. Соколов и Малютин.

Соколов³⁸ особенно заинтересовался этой работой, потому что сейчас появилась статья в *A.d.Ph. (Annalen der Physik)* с теорией Баркгаузеновских колебаний, основанной на волновой механике, – а он увлекается теоретической физикой.

7) Регистрация силы приема коротковолновых станций (*чувствительности радиоприемника*). Тюнин и Денисов. Тюнин – это

³⁶ Баркгаузеновские колебания – или колебания Баркгаузена–Курца, явление, обнаруженное в электронной лампе (триоде) Г.Г. Баркгаузенем и К. Курцем в 1920 г. Это явление связано с совпадением кратного числа периодов колебания с временем пролёта электрона между катодом (сеткой) и анодом. В русскоязычной литературе изучалось, в частности, Д.А. Рожанским [*Рожанский Д.А.*, 1927].

Как сказано в немецком патенте (данные Интернета по ключевому слову «Н. Barkhausen»), «конструкция лампы отличается положительно заряженной сеткой и наличием тормозящего электрон поля». Осциллятор Баркгаузена–Курца (ОБК) рассматривается как прообраз магнетронов (последние отличаются добавлением магнитного поля и резонаторов) и, особенно, клистронов – основы будущей техники радиолокации. Между прочим, ОБК наряду с магнетронами (также по данным из Интернета) использовались в первых радиолокационных установках в США. Недаром эти явления в ту пору так интенсивно исследовались радиофизиками всех стран! Баркгаузен Генрих Георг (1881–1956) – немецкий физик, известен прежде всего «эффектом Баркгаузена» (1919 г.) – скачкообразной зависимостью намагниченности от приложенного магнитного поля (что вызывает также «шумы Баркгаузена» в устройствах с магнитными сердечниками). См. [*Храмов. С. 24*].

³⁷ ...в области карликовых длин волн – редко встречающийся термин. По-видимому, дециметровых и сантиметровых волн.

³⁸ Соколов – здесь, судя по всему, речь идёт о будущем выпускнике ТГУ Арсении Александровиче Соколове (1910–1986), будущем известном теоретике в области квантовой физики, синхротронного излучения и т.д., декане физического факультета МГУ [*Андреев А.В.*, 2000] в 1948–1954. По данным [СФТИ] играл серьёзную роль в теоретической группе СФТИ. С появлением в Томске (1935) известного ленинградского физика Д.Д. Иваненко стал с ним сотрудничать. В частности, по [СФТИ. С. 242] Иваненко поддержал развитую Соколовым вслед за Де Бройлем, Йорданом и Кронигом «нейтринную теорию света» ([*Iwanenko D.D., Sokolow A.A.*, 1936]). Эта теория, как известно, оказалась неверной. Д.Д. участвовал и в других совместных с Соколовым публикациях [*Iwanenko D.D., Sokolow A.A.*, 1937]. В дальнейшем (работая в МГУ) Соколов и Иваненко издали несколько совместных статей и монографий, вместе стали лауреатами Государственной премии.

знаменитый оператор, летавший с Чухновским, а Денисов³⁹ – знаменитый «свой парень» – активный и способный парниша... 8) Конструкция генератора звуковой частоты по методу биений⁴⁰. – Ситников – самый слабый студент, но очень аккуратный и исполнительный.

Да! Есть еще девятая работа, но особенно успешным продвижением ее вперед похвастать не могу – конструкция высокочувствительного катодного вольтметра. Работу эту взял уже давно Соляник⁴¹. Но он все время болеет...

Сейчас передо мной лежит целая кипа чертежей по этим работам. Нужно завтра засадить столяров за работу... разыскивал материалы.

Основная часть работ будет производиться в помещении лаборатории ФТИ... Комнаты довольно уютные, но пока еще пользоваться ими нельзя.

...Немного начинает проясняться положение с аккумуляторами. Купил одну батарею в комиссионном магазине, другая там же наклеивается, есть надежда получить три батареи в Ц.Р.К., кой-что можно будет во временное пользование взять у рентгеновцев...

Помнишь, как когда мы ехали в Красную Поляну. Сначала скучная и утомительная дорога... Но постепенно все больше и больше нас обступали горы, ...а потом сразу пошла дорога, которая нас уже все время держала в напряженном состоянии и нервы и внимание. Вот я сейчас уже чувствую, что приближается интересная и напряженная часть дороги...

Вот тебе и раз-

потух свет ...

свет появился – я пытался писать в темноте, но не замечал отсутствия чернила на ручке...

Ривок! Вот бедная Бетька! Какая получилась продукция? What is her name? (Кого родила старшая сестра Р.М. Берта Михайловна). Тебе завидно или страшно? ...А хорошо бы завести твою маленькую копию с моими дополнениями!

³⁹ *Василиск (Василий) Григорьевич Денисов* – отец будущего известного композитора Эдисона Денисова, реализовал приём телевизионной передачи из Москвы, первые в Томске телевизионные передачи, участвовал в создании ионосферной станции в Томске под руководством В.Н. Впоследствии работал в Новосибирске.

⁴⁰ ... генератора звуковой частоты по методу биений – звуковая частота $\Omega_{зв}$ получается на нелинейном элементе (детекторе) как разностная частота двух генераторов высоких частот ω и $\omega \pm \Omega_{зв}$, где $\Omega_{зв} \ll \omega$.

⁴¹ М.Я. Соляник, впоследствии аспирант, известен как будущий соавтор В.Н. [Соляник М.Я., 1932]. К сожалению, о судьбе некоторых других из упомянутых студентов В.Н. нам ничего не известно.

11.12.30.

Прежде всего, ... отмечаю новую победу и т.д. появилась почтовая бумага и конверты...

Вчера со мной говорил Вендерович – не знаю ли я человека для преподавания физики на Педфаке – в качестве ассистента. Я ему предложил твою кандидатуру – и он не возражает. Теперь как это дело провести. Так как все равно, при проведении тебя в ассистенты по Педфаку, понадобятся отзывы студорганizations, то я предложил Вендеровичу, чтобы здешний Педфак послал Физ. Тех. Отд. (*Физико-техническому отделению*) Ростовского Педфака заявку на присылку кого-нибудь из оканчивающих – на должн(ость) мл(адшего) ассистента. Ну и весьма вероятным кандидатом будешь, разумеется, ты⁴².

...Эта должность открывается в связи с зимним набором. Я думаю, Ривок, что с работой на 1м курсе ты вполне справишься. ... Ассистент нужен к началу февраля, поэтому здешний Педфак будет просить ускорить выпуск соотв(етствующего) студента. ...

13.12.30. ... Сегодня у меня с 8 до 2-х были лабораторные занятия. Вчера я, наконец, добыл хороший гальванометр и с ним испытал свой тоже, наконец, сооруженный, вопреки стеклодуву, термоэлемент.

Сегодня с утра демонстрировал настройку Лех(еровской) системы с помощью микро-лампы⁴³...

Работа в лаборатории у студентов идет полным ходом. Скоро подойдем уже вплотную к измерениям. Очень хорошо работают Валеев и Желонкин, Хахалин, Тюнин и Денисов.

Васильева и Петровская, оказывается, не умеют паять оловом.

Сегодня, наконец, мне удалось окончательно установить контакт со стеклодувом. Он вполне хорошо сделал ножку для специальной лампы к работе (А.Н.) Сидорова. Договорился с ним о сборке вакуумной установки. ...

Поездка моя, Ривок, окончательно не состоялась – никто от фак(ульте)та не командирован.

⁴² не знаю ли я человека для преподавания физики на Педфаке – в качестве ассистента ... Это предложение было реализовано только в дальнейшем и Р.М. более 7 лет работала в Пединституте, образованном на базе Педфака, но в тот раз она опоздала к началу занятий на Педфаке (вскоре реорганизованном в Пединститут) и стала преподавать в Промакадемии.

⁴³ В книге «Неман, Неман, я – Дунай!» бывший заместитель командующего Северо-Западного фронта по связи [Агафонов, 1967] вспоминает, как в 1942 г. В.Н. в землянке производил измерения, очевидно (судя по описанию), определение «секретных» длин волн новой радиостанции с помощью лехеровской системы и микро-лампы (неоновой лампочки).

Сегодня Кузнецов предложил мне взять на себя должность декана Физ. Мех'а. Я конечно отказался⁴⁴.

Вечером был в СНР (*Союзе научных работников*) на заседании представителей местных Бюро, посвященном Урало-Кузнецкой проблеме, которую, как известно тебе, вредители стремились мариновать.

...имей в виду, что предложение Вендеровича об ассисентуре совершенно серьезно и на тебя здесь рассчитывают. Все дело конечно в том решатся ли дать отзыв студорганizations. Но проводи это поскорей!

15.12.30. Сегодня привалило счастье – сразу три твоих письма – первые письма за декабрь...

Получил, Ривок, яблоки (*посылку из Ростова*) вчера. Выдал членам «жилкоммуны» паек и сам основательно подшамал. ... Лабораторные занятия со студентами идут полным ходом. Уже одна установка – Валеева и Желонкина заработала уже – генератор по битрехточечной схеме. Нужно сказать, что схемы студенты собирают не лучше, а, пожалуй, даже хуже, чем вы собирали. Соколов и Малютин спалили единственную Р-5 (*радиолампу*)⁴⁵ и т.д. Много неприятностей доставляет столяр...

Вот моя работа по лаборатории пока вся связана с работой студентов. Студенты во время работы подготовят установки, на которых будет развертываться дальнейшая работа.

Ривок! Что ты делаешь насчет заявления на Педфак. Дело срочное и серьезное. Вот вопрос только о том, какой отзыв дадут студорганizations...

Вчера ... в 3 ч. решил пройтись на лыжах...уже ...чувствую, что по снегу на лыжах удобней идти, чем без них. Снег уже по нашим понятиям глубокий – около аршина. Проехал до Потаповских лужков (*район р. Басандайки*) и там съехал несколько раз с горы...
...Вернувшись домой, переоделся с ног до головы – поел яблок, попил чаю, а потом пошел на общегородское собрание СНР, посвященное Урало-Кузнецкой проблеме. Это грандиозное предприятие. Я тебе расскажу о нем подробно. Вернулся домой и до 2-х часов читал обвинительную речь Крыленко⁴⁶. Сегодня были занятия с 8 ч. Неприятность – на Сапожникова жалуются студенты – надо улаживать...

⁴⁴ Я, конечно, отказался Через два месяца В.Н. таки был назначен деканом. Через три года стал директором СФТИ.

⁴⁵ ... спалили единственную Р-5 – одна из первых отечественных радиоламп (триод ещё с вольфрамовым катодом, как у ламп накаливания).

⁴⁶ Речь Крыленко... – Процесс над восьмью так называемыми членами Промпартии состоялся с 25 ноября по 7 декабря 1930 [*Солженицын А.И.*, 1991].

22.12.30. (большое письмо в 10 стр.)

Что это такое на нас с тобой вдруг нашло – заленились оба сразу писать! Надеюсь, что причина здесь иная, чем в одном из юмористических рассказов Ардова, который я прочел по дороге из Москвы в Тайгу. ... (далее следует пересказ содержания рассказа).

Итак, Ривок, в наших отношениях зазвучала новая струна, которая меня и радостно волнует и тревожит! (hi, hi, как говорят коротковолновики, желая подчеркнуть, что разговор идет в юмористическом тоне). ... Знаешь, ... наши письма, как сказал бы опытный оргработник, «недостаточно увязаны и согласованы, вследствие плохой постановки связи». ... Увязки относятся только к тому, что 20 дней назад произошло. Вот и получается «отрыв от масс». То ли дело такой способ связи как (телеграмма) молния – в 12 ч. ночи дал телеграмму, а в 5 ч. веч. на сл(едующий) день получил ответ... Когда прочел, то протанцевал что-то в роде шаманского танца... Правда у меня осталось еще некоторое сомнение... «а ты не бре(шешь)...?».

...Интересно, Ривок, дадут тебе литер (документ на проезд) или нет? Ты узнай, пожалуйста, и напиши мне, не откладывая. Только смотри, чтобы тебе не выдали литера через Самару, Батраки, Златоуст, Челябинск и т.д. – это путь более короткий по расстоянию, но более длинный по времени и ехать по нему очень скверно. Между прочим, наши письма идут по этому пути с многочисленными пересадками. Направление нужно брать такое – Москва, Данилов, Буй, Вятка, Свердловск, Омск, Новосибирск, Тайга, Томск II.

Мне бы хотелось, чтобы ты приехала в мягком вагоне курьерского и поглазела бы на иностранцев.

Ривок, напиши мне – где ты остановишься в Москве. Если насчет твоих родичей (неизвестно каких??) надежда слаба – то остаются два места – 1) экскурсбаза О-ва Пролет. Турист (Общества Пролетарский Турист) – Фокин пер. 2 и 2) Дом просвещения на Леонтьевском переулке. Меня в этот дом ночевать не пустили, очевидно, из-за шляпы, а тебя наверно пустят.

...Зима идет по всем правилам. Самая низкая температура была 18-го (декабря) ночью –40 °С. Сейчас потеплело и представь себе – благодаря этому «потеплению» я себе вроде бы отморозил щеки. (далее неразборчивая копия с карандашной записи).

25.12.30. Ривок, ты права, что в порядке самокритики напоминаешь мне насчет такой прозаической вещи, как билет, потому что на крыльях любви в Томск не долетишь. И собственно говоря, самокритика по отношению к моим финансовым операциям

«необходима как воздух, как вода». ... Думаю, что по отношению к твоему переезду, Ривок, я действую достаточно осторожно и обдуманно... Получил я (на руки) следующие суммы:

– по ФТИ	– по ТГУ	месяц
–	–249	– подъемные
–140	–113	– сентябрь
–123	–265	– октябрь
–123	–	– ноябрь
–386	–627	– ИТОГО

– Перевел тебе = 557 р. Общая сумма прихода 1013 р.
... Получилось не письмо, а деловая корреспонденция.

28.12.30. С какого междометия начать – не знаю! Здорово! Молодец! ... Телеграфу, между прочим, придется основательно поработать для обслуживания нашей связи...

Я что-то разболтался за последние дни – не хватает ни на что времени. Отправил IV к. на НПП, но сейчас ряд текущих дел, Урало-Кузн(ецкая) Проблема, затем начал небольшой вводный курс для II к(урса), отправляющегося на НПП (*научно-производственную практику*). Два дня не успевал зайти поужинать (вознаграждал себя чаем), один раз не успел протопить печку, и температура (в комнате) упала до +3°. Кстати – наконец дождался я настоящих сибирских морозов. Сегодня –50°. Густая белая мгла, и холод, в самом деле, чувствуется. ...Люди ходят по улице, оставляя узкие щелки для глаз, носы закрывают платками, кашне, вообще, чем можно. Автобусы перестали ходить т.к. при температуре ниже 40° сталь рессор делается хрупкой как стекло и может легко лопнуть. Между прочим, интересно ведет себя дерево при такой температуре – для того чтобы перерубить пополам (поперек) полено достаточно его раз тюкнуть топором, и оно со звоном разлетается. ... С середины января морозы должны ослабеть. ...Мне не хочется писать уже о событиях текущего дня, а о твоей поездке... Думаю, что к получению этого письма ты получишь по телеграфу через сберкасса № 6 (центральная) около 350 рублей. ... Я буду тебя встречать на ст(анции) Тайга... Смотри не проспи Тайгу. ...

6.1.31 г. Родной Ривок! Собственно говоря, уже пора закрывать писание писем – как в магазинах за 1/4 часа закрывают вход для

покупателей. Но все-таки, хоть письма уже сейчас совсем неудобный способ общения, я не знаю, что буду делать 20 дней до твоего приезда – без писания писем. На авось все-таки посылаю это письмо – вдруг оно дойдет не на 16-й день, а на 9-й.

Очередная наша новость – это морозы. Морозы на этот раз серьезные. В ртутных термометрах ртуть спряталась в шарики и замерзла⁴⁷. Сегодня около –55. И самое неприятное то, что сейчас начались рожд(ественские) праздники и дрова сразу подорожали и вообще исчезли с рынка. Для того, чтобы продержаться до конца морозов, я решил поставить нашу комнату «на консервацию» (с оставшимся запасом дров там не больше 3-х – 4-х дней можно продержаться) и «снял угол» у Подборских.

Знаменитые сибиряки ходят с испуганным видом и от мороза жмутся. По временам гудит сирена, изображая страх перед морозом. Я в полном порядке, переносу мороз великолепно. Давление сегодня 780 мм и, кажется, лезет еще выше. Я должен приписать такую демонстрацию сибирских возможностей своему прибытию, очевидно наверно специально для меня. Сегодня состоялось перевыборное собрание, на котором меня выбрали депутатом в горсовет. Общественная нагрузка моя, как видишь, продолжает расти.

Сейчас я сижу в Ин(ститу)те – лаб(ораторные) занятия со 2-м курсом – измеряют и рассчитывают емкости и самоиндукции – занятия перед отправлением на практику. Пришлось перед этим срочно организовать сооружение (измерительных) мостиков (измерительных устройств) для С и L. (для измерения емкостей конденсаторов и индуктивностей катушек).

Вот Ривок славный, – наверно последнее письмо перед встречей.

«Скатертью дорога» – как норвежцы написали на адресе (ледоколу) «Красину»⁴⁸.

⁴⁷ В ртутных термометрах ртуть спряталась в шарики и замерзла. – Известно, что, ведя наблюдения по заданию известного путешественника И. Гмелина, казак П. Саломатов в 1734 г. впервые сообщил о том, что ниже –39 °С ртуть замерзает. Это сообщение пришло именно из Томска еще на 130-м году существования города! [Кессених А.В., 2003]

⁴⁸ Скатертью дорога... Ледокол «Красин» летом 1928 г. участвовал в спасении потерпевшей аварию экспедиции У. Нобиле, дирижабль которого потерпел крушение во льдах Арктики. Маршрут «Красина»: Ленинград – высокие широты вблизи от Шпицбергена.

- Агафонов С.И., 1967. Неман, Неман, я Дунай. М.: Воениздат, 294 с.
- Андреев А.В., 2000. Физики не шутят: Страницы социальной истории НИФИ при МГУ (1922–1954). М.: Прогресс-Традиция, 320 с.
- Аркадьев В.К., 1939. Памяти Е.В. Богословского // Успехи физ. наук. Т. 21, № 3. С. 348–351.
- Гетманцев Г.Г., Жевакин С.А., Кобрин М.М., Миллер М.А. 1954. Библиография: В.Н. Кессених. Распространение радиоволн. // УФН. Т. 53. Вып. 2. С. 298–303.
- Кессених А.В., 2003. Ученые Сибири в биографическом словаре Томского университета: (Размышление над книгой) // Вопр. истории естествознания и техники. № 1. С. 132–150.
- Кессених В.А., Пилецкая Т.Л., 1988. Петербургский танцкласс в произведениях Некрасова 1840–1850-е гг. // Некрасовский сборник / АН СССР. Ин-т рус. лит. «Пушкинский дом». Т. 9. С. 94–100.
- Кессених В.Н., 1930. О формулах Штейнметца для расчета постоянных проволочной линии // Сообщ. о науч.-техн. работах в республике. Вып. 29: (I Всесоюз. съезд физиков). С. 67.
- Кессених В.Н., Водопьянов К.А., 1932. Определение углов потерь в диэлектриках по методу Друде–Кулиджа // ЖЭТФ. Т. 2. С. 273–279.
- Кессених В.Н., 1932. Электромагнитные волны в одиночном проводе при сосредоточенном источнике энергии // ЖЭТФ. Т. 2. С. 398–417.
- Кессених В.Н., 1935. Электродинамические параметры излучающих систем // Тр. I конф. физиков Западной Сибири. Томск. Вып. 4. С. 1.
- Кессених В.Н., 1936. Исследование ионосферы // Радиофронт. № 4. С. 41.
- Кессених В.Н., Булатов Н.Д., Лихачев А.И., 1936. Ионизация верхних слоев ионосферы во время магнитной бури 18–20/VI 1936 г. в Томске // Труды экспедиции по наблюдению полного солнечного затмения 19/VI 1936 г. Т. 1. С. 129.
- Кессених В.Н., Булатов Н.Д., Бэрвальд Г.Г., Денисов В.Г., 1937. Ионосферные наблюдения во время полного солнечного затмения 19 июня 1936 г. в Томске // ЖТФ. Т. 7, вып. 12. С. 1238–1252.
- Кессених В.Н., 1938. Теория скин-эффекта и некоторые задачи дефектоскопии // ЖЭТФ. Т. 8, вып. 5. С. 531–548.
- Кессених В.Н., 1939. Связанная энергия излучающего провода // ЖТФ. Т. 9. С. 1557–1563.
- Кессених В.Н., 1939. Об одном случае распространения радиоволн в ионосфере // Докл. АН СССР. Т. 22. С. 420–423.
- Кессених В.Н., 1940. О волновом сопротивлении длинной однопроводной линии // Там же. Т. 27. С. 558–562.
- Кессених В.Н., 1941. Энергетические соотношения в колебательных системах и параметры излучающих систем // ЖТФ. Т. 11. С. 77–100.
- Кессених В.Н., 1942. Увеличение дальности действия УКВ-радиостанций // Связь Красной Армии. Ноябрь.
- Кессених В.Н., Булатов Н.Д., 1944(1). Континентальный эффект в географическом распределении электронной концентрации слоя F₂ // Докл. АН СССР. Т. 45. С. 250–253.

- Кессених В.Н., 1944(II)*. Теорема о запасе энергии реактивного двухполюсника // ЖТФ. Т. 14.
- Кессених В.Н., 1944(III)*. Антенны войсковых радиостанций: Справочник. М.
- Кессених В.Н., 1947*. Эволюция взглядов на строение ионосферы // Изв. АН СССР. Сер. физ. Т. 11. С. 155–163.
- Кессених В.Н., 1949*. Вектор Умова и присоединенная масса // Вестн. МГУ. № 5. С. 71.
- Кессених В.Н., 1952*. Распространение радиоволн. М.: Гостехтеоретиздат, 488 с.
- Кессених Р.М., 1964*. Методы лабораторных испытаний электроизоляционных материалов. М.: Высш. шк., 212 с.
- Корсунский М.И., 1949*. Атомное ядро. М.: Гостехиздат. 308 с.
- Кузнецов В.Д., 1932*. Физика твердого тела. Т. 1. Новосибирск: Сибиздат.
- Новик Н.Г., 2005*. Развитие высшего физико-математического образования и интеграция научных достижений в учебный процесс на Ставрополье (30-е гг. XX в. – конец 90-х гг. XX в. Автореф. Канд. Ист. Наук. Ставрополь.
- Парзян В.А., 2003*. Е.В. Богословский и дальнейшее развитие физических исследований и физического образования в Ростовском-на-Дону госуниверситете // Преподавание физики в высшей школе. № 26. С. 88–93.
- Письма физика из Томска / Под ред. Г.В. Епонешниковой и др. М.: НПО «Томское землячество», 2006. 52 с.
- Проф. Т. 2. – Профессора Томского университета. Биографический словарь. Том 2. (Ред. и сост. Фоминых С.Ф., Некрылов С.А., Берцун Л.Л., Литвинов А.В.) Томск: 1998. Изд-во ТГУ. 544 с.
- Проф. Т. 3. – Профессора Томского университета. Биографический словарь. Том 3. (Ред. и сост. Фоминых С.Ф., Некрылов С.А., Берцун Л.Л., Литвинов А.В., Петров К.В. Зленко К.В.) Томск.: 2001. Изд-во ТГУ. 532 с.
- Профессора Томского университета: Биографический словарь. Т. 3. Ред. и сост. С.Ф. Фоминых, С.А. Некрылов, Л.Л. Берцун, А.В. Литвинов, К.В. Петров, К.В. Зленко. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2001. 532 с.
- Рожанский Д.А., 1927*. Возникновение коротковолновых незатухающих колебаний внутри катодной лампы // Докл. Акад. наук. Сер. А. № 23. С. 403–404.
- Рожанский И.Д., Рожанская М.М., Филонович С.Р., 2003*. Дмитрий Алполинарьевич Рожанский, 1882–1936. М.: Наука. 160 с.
- [РГУ]. Ростовский на Дону государственный университет им. В.М. Молотова. Юбилейный сборник, 1915–1940 / Под ред. С.Е. Белозерова. Ростов н/Д: Рост. обл. ведомств. изд-во, 1941. [Юбилейный сборник. РГУ 25 лет]
- [СФТИ]. Сибирский физико-технический институт. История создания и становления в документах и материалах (1928–1941 гг.) / Под ред. С.Ф. Фоминых. Томск: Изд-во НТЛ, 2005. 340 с.
- Солженицын А.И., 1991*. Архипелаг Гулаг // Малое собр. соч. М.: Инком НВ. Т. 5. С. 272–286.

- Соляник М.Я., Кессених В.Н., 1932.* Метод измерения коэффициента поглощения электромагнитных волн в сильно поглощающих средах // ЖТФ. Т. 3. С. 405.
- Храмов Ю.А., 1983.* Физики. 2-е изд. М.: Наука. 400 с.
- Iwanenko D.D., Sokolow A.A., 1936.* Zur Neutrinotheorie des Lichtes // Physik. Ztschr. d. Sowjetunion. B. 9, H. 6. S. 692–695.
- Iwanenko D.D., Sokolow A.A., 1937.* Bemerkungen zur zweiten Quantelung der Dirac-Gleichung // Physik. Ztschr. d. Sowjetunion. B. 11, H. 6. S. 590–596.
- Kessenich W.N., 1929.* Über den Einfluss des induktiv gekoppelte Indicators auf stehende elektrische Drahtwellen // Annalen d. Physik. Bd. 2, N 4. S. 445–464 (mit 8 Figuren).
- Kessenich W.N., 1930.* Eine Bemerkung über die angenäherte Berechnung des Ausdrückes $\frac{I_0(x)}{xI'_0(x)}$ // Annalen d. Physik. Bd. 5, N 5. S. 606–610.
- Perry Ch.T., Chaffee E.L., 1930.* A determination of $\frac{e}{m}$ for an electron by direct measurement of the velocity of cathode rays // Phys. Rev. Vol. 36, N 5. P. 904–918.

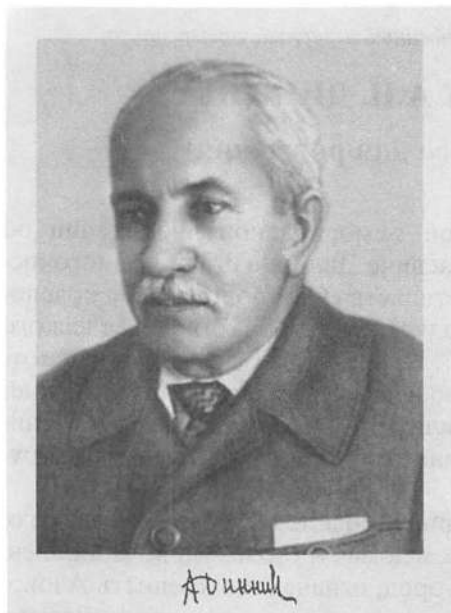
АКАДЕМИК А.Н. ДИННИК

(к 130-летию со дня рождения)

Источниками предлагаемой мемориальной публикации об академике Александре Николаевиче Диннике стали немногочисленные документальные свидетельства Ставропольского краевого архива и фондов Ставропольского историко-краеведческого музея им. А. Прозрителева и Г. Пправе, чудом уцелевшие несмотря на две войны – Гражданскую и Отечественную, прокатившиеся по этим местам. Их дополнили биографические очерки учеников и современников, воспоминания близких [1, 2, 7] и сами труды академика [3–6].

Александр Николаевич Динник родился 19/31 января 1876 года на Кавказе, в г. Ставрополе, в доме № 186 по улице Воробьёвка (дом сохранился поныне). Город, изначально крепость Азово-Моздокской укрепленной линии охраны южных границ России, готовился тогда отпраздновать своё столетие. Ставрополь во времена Динника был многоязычным губернским городом, возведённым, как тогда считалось, на границе цивилизации. Населён город был преимущественно переселенцами и их потомками в первом поколении – людьми (что всегда отличало первопроходцев) энергичными, смелыми и сильными. В нём уже было построено 9 церквей, открыто юнкерское училище и действовали три гимназии, в том числе первая на Кавказе русская гимназия. Среднее образование в этой гимназии получили многие достойные люди России, увековеченные на мемориальной доске, установленной сегодня на её фасаде. Среди них Герман Лопатин – народник, друг и первый переводчик трудов К. Маркса, Коста Хетагуров – основоположник и классик осетинской литературы, Николай Динник – известный исследователь Кавказа и отец будущего академика. Заметим, что сам академик, закончивший эту же гимназию, не был впоследствии, к великому сожалению, удостоен подобной чести. В Ставрополе к тому времени был уже открыт первый на Северном Кавказе русский драматический театр и основан первый на Кавказе историко-краеведческий музей. Обилие определений «первый» свидетельствует о том, что Ставрополь действительно был в то время центром обширных северокавказских территорий.

Семья А.Н. Динника выделялась высокой образованностью. Его отец, Николай Яковлевич, окончил физико-математический



факультет Московского университета, а мать, Анна Васильевна, – высшие женские (Бестужевские) курсы в Санкт-Петербурге. Родители преподавали в ставропольских гимназиях.

Николай Яковлевич Динник был страстным путешественником и талантливым исследователем Кавказа. Он совершил более двадцати экспедиций, исследуя растительный и животный мир обширных горных территорий между Чёрным и Каспийским морями. По итогам экспедиций им опубликовано более 60 научных работ, получивших признание многочис-

ленных научных обществ и отмеченных медалями и премиями Российской академии наук. Вместе с Г.Н. Прозрителевым и Г.К. Праве Н.Я. Динник был создателем первого на Кавказе краеведческого музея и активно пополнял его фонды. Им была собрана практически полная (более 530 экземпляров) коллекция чучел представителей животного мира Кавказа. После его смерти и в соответствии с завещанием коллекция была передана вдовой в музей кафедры зоологии Ставропольского сельскохозяйственного института – первого открывшегося в Ставрополе (1930 г.) высшего учебного заведения.

Вообще, история рода Динник на Ставрополье была хотя и непродолжительной, но яркой. Её сложили жизненные союзы людей неординарных, разносторонних и сильных. Яков Григорьевич Динник, дед академика, выходец из разночинцев Полтавской губернии, в молодости прибыл на Кавказ с первыми переселенцами. Будучи человеком умным, глубоко порядочным и достаточно образованным, он сделал карьеру на государственной службе, став впоследствии председателем Имущественной палаты Ставрополя. О его честности ходили легенды. Судьба связала его с одной из дочерей старшего лекаря генерал-губернатора Кавказа А.П. Ермолова, Леонида Степановича Земскова – виртуозного врача и бесстрашного человека. Первенцем молодой семьи стал Николай Яковлевич. Родственные узы связывали

Динников с Германом Лопатиным, а мать академика, Анна Васильевна, была сестрой Сергея Мартынова, офицера-декабриста, сосланного на Кавказ. Вероятно, под влиянием столь замечательного переплетения характеров и судеб сформировалась незаурядная личность Александра Николаевича Динника – последовательного, целеустремлённого и талантливого человека.

Эти качества проявились в нём ещё в детстве, когда после пяти классов гимназии Александр обнаружил среди книг отца университетский учебник по аналитической геометрии и самостоятельно изучил его за время каникул. В это время определилась тяга А.Н. Динника к математике и другим точным наукам.

В 1894 г. А.Н. Динник оканчивает Ставропольскую классическую гимназию с золотой медалью и с рекомендациями продолжить образование. В том же году он поступает в Новороссийский университет в Одессе, а через год переводится на третий семестр физико-математического факультета Киевского университета. Физика и исследования, связанные с ней, становятся его любимым занятием. На четвёртом курсе А.Н. Динник написал сочинение, удостоенное Золотой медали и премии имени Пирогова, на тему «Очерк учения о намагничении».

После блестящего окончания университета в 1899 г. А.Н. Динник получает место лаборанта кафедры физики в Киевском политехническом институте (ректором которого в то время был известный учёный в области механики профессор В.Л. Кирпичёв) и полностью отдаётся работе и научным поискам. Стремление оснащать свои эксперименты по физике оригинальным исследовательским оборудованием и желание самому проектировать и изготавливать его потребовало от Александра Николаевича инженерных знаний. С этой целью он стал посещать лекции по инженерным дисциплинам в институте и полностью освоил всю программу, получив законченное инженерное образование.

Работоспособности и организованности молодого Динника можно только удивляться. Работая лаборантом на кафедре физики и получая одновременно инженерное образование, он преподаёт физику на сельскохозяйственных курсах, продолжает свои исследования и печатает первые статьи в «Журнале русского физико-химического общества», в «Известиях Киевского политехнического института» и других. Это были работы о напряжении земного магнитного поля в Киеве, об экспериментальной проверке справедливости формулы Герца, об определении опытным путём времени удара упругих шаров. Александру Николаевичу удаётся разработать методики оригинальных и весьма трудоёмких и тонких опытов по механике. Он привлекает к себе внимание и получает предложение вести практические занятия на

кафедре сопротивления материалов. Вскоре после этого, весной 1908 г. Динник блестяще выдержал экзамен на получение учёной степени магистра механики на физико-математическом факультете университета в Одессе. Через год он публикует, а в декабре 1910 г. успешно защищает в Киевском политехническом институте адъюнктскую диссертацию на тему «Удар и сжатие упругих тел» с присвоением степени адъюнкта прикладной механики. В ней Динник применительно к решению контактной задачи впервые доказал, что точки с наибольшими напряжениями находятся в глубине материала под зоной контакта, а также определил величину этих напряжений и расстояние до них. По поводу первых теоретических работ А.Н. Динника по упругости выдающийся учёный, академик Николай Егорович Жуковский, слышавший выступления автора, заключил: «Теперь у нас есть своя теория упругости».

В январе 1910 г. Динник выехал в Германию, посвятив весь год научной стажировке. Немецкие учёные и специалисты удерживали в то время ведущие позиции в математике, физике и особенно в механике, а соответствующие лаборатории в некоторых университетах и высших технических школах были наиболее передовыми по оснащению и возможностям для своего времени. Например, в Мюнхенской высшей технической школе у профессора Августа Фёппля стажировались будущие корифеи механики, такие как С.П. Тимошенко, Л. Прандтль, К. Фёппль (сын А. Фёппля), Т. Карман и другие. А.Н. Динник также останавливает свой выбор на Мюнхене. Его руководителями были профессора А. Зоммерфельд (Мюнхенский университет), А. Фёппль (Мюнхенская высшая техническая школа) и позднее Г. Лоренц¹. Здесь А.Н. Динник впервые в механике решил задачи устойчивости сжатых пластинок, причём предложил обобщающие принципы продольного изгиба пластин разной геометрической формы и способов их закрепления. В 1912 г. во время летних каникул он завершил диссертационную работу «Об устойчивости плоской формы изгиба». Он защитил её тем же летом в Мюнхене у профессора Г. Лоренца, удостоившись учёной степени доктора-инженера. Эту работу Динник выполнял уже в Донском политехническом институте (г. Новочеркасск), пребывая в должности профессора, которую ему предложили по его возвращении из зарубежной стажировки.

К этому времени он уже известен как сложившийся учёный в области механики с репутацией исследователя, точно ставящего

¹ А. Зоммерфельд – известный физик и математик; А. Фёппль и Г. Лоренц – крупные учёные в области теоретической и прикладной механики.

научную задачу и идущего к её решению кратчайшим путём. Поэтому летом 1913 г. ему предлагают кафедру теоретической механики в открывшемся к этому времени Горном институте в Екатеринославе (ныне Днепропетровск) и он принимает предложение. Вся дальнейшая творческая жизнь А.Н. Динника так или иначе связана с этим бурно развивающимся индустриальным районом страны.

Занимаясь на кафедре организацией и оснащением механической лаборатории, наличие которой Динник считал обязательным, он акцентирует свою работу на теоретических исследованиях. Его чрезвычайно заинтересовали возможности приложения функций Бесселя к некоторым задачам теории упругости – к задачам устойчивости стержней постоянного и переменного сечения в различных сочетаниях нагрузки и способов закрепления их концов, к динамическим задачам стержней и дисков, к задачам изгиба и устойчивости пластин. Интерес к цилиндрическим функциям, возникший у Динника ещё до стажировки в Германии и определивший, по-видимому, место её проведения у А. Зоммерфельда и А. Фёппля, оказался весьма продуктивным. В 1915 г. в Харьковском университете он защищает свою третью диссертацию на тему «Приложение функций Бесселя к задачам теории упругости» с присуждением ему степени магистра прикладной математики. К использованию бесселевых функций в механике Динник впоследствии неоднократно возвращался и сам и ориентировал на это своих учеников. В частности, один из них, профессор Б.Г. Коренев, продолжая «связь времён», опубликовал в 1980 г. монографию о приложении бесселевых функций к задачам теплопроводности и термоупругости [8].

Таким образом, ещё до наступления сорокалетнего возраста Александр Николаевич становится автором трёх уникальных классических работ в области механики: «Удар и сжатие упругих тел», «Об устойчивости плоской формы изгиба», «Приложение функций Бесселя к задачам теории упругости».

Каждая из них открывала новое направление исследований в области механики деформируемого тела, позволяя получать многочисленные решения для частных случаев. Примечательно, что все эти работы были представлены в виде докторских диссертаций с публичной защитой приведенных в них результатов. Этот стиль научной деятельности характеризует Динника как человека и исследователя, порядочного и тактичного в отстаивании правоты своих суждений, который избирает наиболее трудный и априорный своему авторитету учёного путь самоутверждения.

Специфика Екатеринославского Горного института, его соседство с Донецким угольным бассейном обосновали тематику

теоретических и экспериментальных исследований Динника. Он интересуется динамическими напряжениями в канатах шахтных подъёмников, вопросами устойчивости конструкций, горным давлением в шахтных выработках, прочностью крепи шахт из нетрадиционных материалов (шлакобетонов, сталей и других). В это же время выходят его теоретические работы по продольному изгибу, кручению, вибрациям, распределению напряжений в орудийных стволах и другие. Все они получили впоследствии многочисленные экспериментальные подтверждения и выдержали проверку временем.

Коренные политические перемены в стране в 1917 г. поставили многих людей перед выбором. Для Динника заниматься любимым делом означало делать это для своего народа и только в России. Он остаётся в стране, где начинается наиболее активный период многогранной деятельности Александра Николаевича.

Наряду с продолжающейся исследовательской работой открывается период щедрой передачи глубоких знаний и богатейшего личного опыта специалистам, молодым учёным, аспирантам, студентам. Александр Николаевич говорил сам, что чувствует в этом огромную потребность. Эта потребность сочеталась с благодатной почвой: целая армия создателей новой индустрии не просто нуждалась – она жаждала знаний. Востребованность Динника как учёного в развивающемся промышленном производстве возросла многократно, когда острой необходимостью стала быстрая и эффективная помощь производству. Поэтому он реорганизовал и полностью изменил стиль работы механической лаборатории Горного института. Работающие в ней специалисты и широко привлекаемые Александром Николаевичем студенты и аспиранты стали быстро и качественно производить испытания, отладку и расчёты на прочность различного оборудования и снаряжения. Заказы стали поступать не только со всего Донбасса, но и из других промышленных районов страны. Лаборатория выросла в признанный центр научно-исследовательских экспериментальных и теоретических работ и внедрения их результатов в производство. Возросло число личных консультаций и рекомендаций Динника для конкретных случаев, часто с выездом на места.

В это время раскрываются его способности как мастера эксперта, многие из которых стали почти легендами. На шахте «Центральная заводская» при работе подъёмной машины в некоторые периоды времени водоотливные трубы ствола сильно вибрировали. Вибрация была столь сильной, что доводила трубы до аварийного состояния. Поняв, что имеет место резонансный процесс, проведя быстрые расчёты, Динник предложил инженерам

шахты изменить длину труб. После их удлинения вибрации прекратились.

На соседней шахте наблюдались сильные колебания копра², грозившие разрушить ствол. Прикинув амплитуду колебаний и узнав длину канатов, после расчётов на логарифмической линейке А.Н. сказал: «В зумпфе³ очень много воды. Откачайте её, и копёр перестанет дрожать». Именно так и произошло.

Известны и другие случаи виртуозных экспертиз, но первым был случай, когда только что окончивший университет Динник определил с точностью до одного метра место повреждения мощного электрического кабеля, проложенного под центральной улицей Киева – Крещатиком, оригинально использовав для этой цели мосты электрического сопротивления Уитстона.

Особо важным звеном в оказании непосредственной помощи производству Динник считал подготовку высокопрофессиональных специалистов в институтах и техникумах, в повышении квалификации уже работающих инженеров до уровня, обеспечивающего вдумчивую и грамотную эксплуатацию сложного оборудования. В это время он много работает надписанием учебной литературы: издаёт «Курс теоретической механики» и два различных по назначению сборника задач по сопротивлению материалов. Просветительская работа Динника – воистину подлинное подвижничество. В 1923–1925 годах во время своих летних отпусков он обучал студентов первой высшей горной школы – Донецкого горного института основам механики, переезжая на это время в г. Сталино, нынешний Донецк. Вечерами Динника поглощала работа в кружках молодых инженеров-ассистентов, в механических кружках студентов, в Центральном научно-исследовательском клубе Днепропетровска, на различных консультационных семинарах, на женских курсах, научных консультациях многочисленных аспирантов.

Особняком в этой работе стоит постоянно действующий с 1924 г. в Днепропетровском горном институте научный семинар А.Н. Динника, на котором активно работали преподаватели механики инженерных вузов и университета Днепропетровска, сотрудники Института горной механики Академии Наук УССР и специалисты производств. На заседания семинара приезжали, дабы получить компетентную оценку своих исследований, учёные и из других городов СССР. Каждый четверг, в 13 часов Динник обсуждал на своём семинаре проблемы прочности и пути их решения, предлагаемые, в частности, и самими слушателями семи-

² Копёр – капитальное сооружение над стволом шахты для размещения подъёмной машины и другого оборудования.

³ Зумпф – специальная ёмкость для сбора грунтовых вод в шахте.

нара. Эти правила были неукоснительными для всех участников, а сам научный семинар, функционировавший вплоть до последних дней жизни его руководителя, стал хорошей школой для многочисленных учеников Динника.

Учениками Александра Николаевича считали себя многие инженеры и специалисты, слушавшие его на лекциях, семинарах, консультировавшиеся у него. Предметом его особой гордости были, как он сам говорил, «кадры для кадров» – его научные последователи, известные учёные, доктора технических наук А.С. Локшин, Е.Н. Савин, А.М. Пеньков, Ф.В. Флоринский, Б.Г. Коренев, Б.С. Ковальский, Г.Л. Павленко, Н.А. Алумязэ, Н.П. Гришкова и многие другие. Почти все они стали действительными членами или членами-корреспондентами национальных Академий, организаторами научной и педагогической работы. Более сорока учеников А.Н. Динника защитили кандидатские диссертации. Им была создана научная школа в области механики с весьма большим диапазоном исследований: от теоретических построений до прикладных и внедренческих работ.

Своеобразными промежуточными итогами кропотливой и продолжительной работы Динника по воспитанию своих последователей могут служить его монографии «Устойчивость упругих систем» (1935 г.), «Кручение. Теория и приложения» (1938 г.), «Продольный изгиб» (1939 г.). С особым интересом он занимался созданием справочной литературы, придавая ей исключительное значение в практической работе специалистов. Под его редакцией созданы справочники: «Справочник по механике (с горным уклоном)», изданный в 1935 г., и «Справочник по технической механике», вышедший из печати в 1949 г. Они пережили несколько изданий.

Постоянные творческие контакты с коллегами, дискуссии по спорным решениям, обсуждение проблемных вопросов механики признавались Динником не только как механизм установления истины, но и как возможность совершенствования профессионализма исследователя. Он и его ученики участвовали во всех значительных съездах и форумах по физике, математике, механике, проводимых в стране.

Он не стремился в столичные города и не любил руководящих должностей. Однако после избрания в 1929 г. действительным членом Академии Наук УССР и особенно после избрания в 1946 г. действительным членом Академии Наук СССР ему пришлось работать в этом качестве. Последние годы жизни А.Н. Динник провёл в Киеве, возглавляя отдел теории упругости Института горной механики АН УССР. Он неизменно избирался членом Президиума Академии наук Украины.

А.Н. Динник не состоял в ВКП(б) и, надо полагать, что только высочайший авторитет человека и учёного уберёт его от репрессий, которые случились на юге страны в 20-е годы по Шахтинскому делу и делу Промпартии. К общественной деятельности он относился как к делу неизбежному, но всегда ответственно. Его избирали депутатом Городского Совета Екатеринослава, а потом и Днепропетровска нескольких созывов, он был членом облисполкома Днепропетровской области, принимал участие в работе различных общественных комиссий. Всегда стремился придать общественной работе больше рационализма и эффективности. Современники отмечают в Диннике высокие человеческие качества: его скромность, открытость людям, доброжелательность и твёрдость в отстаивании своих взглядов.

Высокие заслуги А.Н. Динника перед своей страной и оценены были столь же высоко. Он награждён высшими наградами СССР – орденами Ленина и Трудового Красного Знамени. Ему было присвоено почётное звание «Заслуженного деятеля науки и техники».

Александр Николаевич Динник скончался 22.09.1950 года в Киеве на 75 году жизни. Научное наследие его бесценно. Он оставил потомкам более двухсот научных трудов, треть из которых – книги. Последнюю из них – монографию «Устойчивость упругих систем» – он написал по предложению Академии Наук СССР незадолго до своей смерти. Среди его публикаций немало рецензий на труды выдающихся российских и зарубежных учёных: А.Л. Кирпичёва, С.П. Тимошенко, Б.Г. Галёркина, Л. Лоренца и других. Многие учёные в области механики ссылались и продолжают ссылаться в своих трудах на результаты исследований А.Н. Динника или приводят его мнение. Без упоминания о Диннике не обходится сегодня ни один мало-мальски обстоятельный учебник по сопротивлению материалов или по механике твёрдого деформируемого тела. Память об академике Александре Николаевиче Диннике живёт в его работах и его школе, где сегодня творят уже его «внуки» и «правнуки». Всё это определяет высокий уровень учёного, который по значимости своего научного вклада, несомненно, стоит в одном ряду со своими знаменитыми сверстниками – академиками С.П. Тимошенко, Б.Г. Галёркиным, Л.С. Лейбензоном и профессором И.Г. Бубновым.

К величайшему сожалению, память об этом достойном человеке и крупном учёном не сохраняется на его малой родине, в его родном городе Ставрополе. Здесь имя академика А.Н. Динника фактически предано забвению, хотя это первый и, по-видимому, пока что единственный учёный такого уровня, рождённый на Ставропольской земле. Авторы, преподаватели механики, делают первый шаг в восстановлении справедливости.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Боголюбов А.Н.* Математики, механики: (Биографический справочник). Киев: Наук. думка, 1983. 638 с.
2. *Гришкова Н.П., Георгиевская В.В.* Александр Николаевич Динник. Киев: Изд-во АН УССР, 1956. 51 с.
3. *Динник А.Н.* Избранные труды. Киев: Изд-во АН УССР, 1952. Т. 1. 152 с.
4. *Динник А.Н.* Избранные труды. Киев: Изд-во АН УССР, 1955. Т. 2. 223 с.
5. *Динник А.Н.* Избранные труды. Киев: Изд-во АН УССР, 1956. Т. 3. 305 с.
6. *Динник А.Н.* Статьи по горному делу. М.: Углетехиздат, 1957. 195 с.
7. *Федоров С.М.* Выдающийся исследователь Кавказа Николай Яковлевич Динник // Материалы по изучению Ставропольского края. Ставрополь: Краевое изд-во, 1954. С. 76–102.
8. *Коренев Б.Г.* Задачи теории теплопроводности и термоупругости: Решения в бесселевых функциях. М.: Наука, 1980. 400 с.

КАК И ПРИ КАКИХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАХ ПОЯВИЛАСЬ РЕАКЦИЯ БЕЛОУСОВА–ЖАБОТИНСКОГО?¹

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

И. Пригожин назвал реакцию Белоусова–Жаботинского одним из важнейших открытий XX века [1]. Он сравнил это открытие с такими выдающимися научными достижениями, как открытие кварков и чёрных дыр. Как и в случае любой оценки, здесь возможны перегибы. Всё же нельзя не констатировать, что в созданной Пригожиным нелинейной термодинамике реакция Белоусова–Жаботинского занимает центральное место. Она позволяет наполнить экспериментальным смыслом важнейшее для Пригожина понятие диссипативной структуры.

Реакция Белоусова–Жаботинского фигурирует в качестве парадигмального примера и в синергетике Г. Хакена, разъясняя центральное для этой дисциплины понятие параметра порядка и связанный с этим понятием принцип подчинения [2. Р. 9].

И, наконец, реакция Белоусова–Жаботинского – стандартный пример сложной динамической системы в книгах по нелинейной динамике и теории колебаний [3. Р. 254–255; 4. С. 522–523; 5. С. 250–252].

Интересно проследить, каким образом и при каких обстоятельствах была впервые проведена и зафиксирована столь неординарная химическая реакция. Иными словами, перед нами реальная историко-научная задача. При этом два обстоятельства делают эту задачу особенно интересной. Во-первых, проведённая и описанная в 1951 г. Борисом Павловичем Белоусовым реакция не была принята наукой того времени. Здесь существен не только тот факт, что написанная Б.П. Белоусовым статья не была принята двумя ведущими химическим журналами в 1951 и соответственно в 1955 годах. По ряду свидетельств, его реакция воспринималась как артефакт, как аномалия даже в том исследовательском институте, где он работал. Научное общественное мне-

¹ Статья представляет собой результаты исследования, выполненного при финансовой поддержке РФФИ (проект № 05–06–80251а), а также гранта Химического историко-научного фонда (Филадельфия).

ние согласилось с этой реакцией лишь после ряда радикальных трансформаций в его структуре и функции. Об этом говорит хотя бы тот факт, что статья Б.П. Белоусова была *полностью* опубликована лишь в 1981 г., через год после того, как Белоусову вместе с А.М. Жаботинским² и тремя другими сотрудниками Института биофизики АН СССР была присвоена высшая научная премия того времени – Ленинская премия³.

Во-вторых, интересен тот путь, которым Белоусов пришёл к своей знаменитой реакции. Эта реакция, вызвавшая цепочку фундаментальных инноваций и повлиявшая на научное мировоззрение в целом, была проведена и описана учёным, всю жизнь занимавшимся сугубо прикладными и даже техническими задачами, в лаборатории, организованной для решения задач, имеющих прямое оборонное значение, а именно: Белоусов в послевоенное время (после 1946 г.) в основном занимается радиационной токсикологией – средствами профилактики и лечения лучевой болезни. До этого его специальностью была химия боевых отравляющих веществ.

В предыдущей статье, написанной на тему реакции Белоусова–Жаботинского, автор попытался осветить первый вопрос: почему эта реакция отвергалась и каким образом она всё же потом была принята [6]. В настоящей статье речь пойдёт о реконструкции того пути, которым Белоусов шёл к своей реакции. Будет выстроена цепь экспериментальных и технических идей, которые вели его к этой реакции и были в конечном итоге аккумулированы в ней. Эта цепь может быть только гипотетической: ни сам Белоусов, ни его сотрудники не оставили каких-либо заметок о том, как была открыта реакция, ставшая потом (после исследований А.М. Жаботинского) именоваться реакцией Белоусова–Жаботинского.

Что же написано по истории реакции Белоусова–Жаботинского? Если оставить в стороне «фольклор», кочующий из книги в книгу, то надо упомянуть три публикации.

О Б.П. Белоусове и о его открытии писал Симон Эльевич Шноль, который был одним из первых, кто понял значение этого открытия [7]. Шноль получил рукопись статьи непосредственно от Белоусова и предложил своему аспиранту А.М. Жаботинскому продолжить работу Белоусова. Шноль пишет о Белоусове, основываясь на опыте личного общения, которое было достаточно кратковременным, а также на документах, которые он, правда, не упоминает. По-видимому, по крайней мере, некоторые из этих документов были получены Шнолем в связи с выдвиганием

² Жаботинский начал работать над реакцией Белоусова ещё в 1961 г.

³ Белоусову она была дана посмертно: он умер в 1970 г.

Белоусова на Ленинскую премию в 1980 г. Тогда Шнолю удалось в самый последний момент включить имя Белоусова в список номинантов.

О Белоусове также писал журналист и эссеист, специализировавшийся на историко-научных сюжетах, В. Полещук [8]. В очерке, опубликованном в ведущем советском литературном журнале «Новый мир», Полещук рассказывает о жизни и научной судьбе Б.П. Белоусова и вообще об истории поисков в области химических колебаний (реакция Белоусова–Жаботинского – важная химическая реакция колебательного типа).



Б.П. Белоусов
(1893–1970)

И наконец, об открытии Белоусова писал известный американский биолог А. Винфри [9]. Базируясь на разговорах с российскими коллегами и на своей научной интуиции, Винфри воспроизвел биохимический контекст, в котором появилась реакция Белоусова.

В настоящей статье, следующей канонам историко-научного исследования и отделяющей документированные факты от воспоминаний, будут описана творческая биография Б.П. Белоусова (1893–1970) и предпринята попытка объяснить, что в его исследовательской работе по токсикологии и химии отравляющих веществ могло бы привести его на реакцию, носящую теперь его и Жаботинского имя. При этом будут использованы материалы, хранящиеся в Архиве медико-биологических экстремальных проблем (это – личное дело Белоусова и несколько его рукописей), а также интервью, данные автору в 2003 г. С.Э. Шнолем и в 2004–2005 гг. тремя сотрудниками того института, в котором работал Белоусов (Институт биофизики Минздрава), и сотрудничавших с Белоусовым. Это – Борис Борисович Мороз, Лев Михайлович Рождественский (оба интервью – март 2004 г.) и Геннадий Иванович Шапошников (21 сентября 2005 г.). Прежде, однако, опишем, следуя статье Б.П. Белоусова [10], эту реакцию.

РЕАКЦИЯ Б.П. БЕЛОУСОВА

В 1951 г. Б.П. Белоусов впервые описал гомогенную химическую реакцию, сопровождающуюся регулярным изменением окраски раствора – от бесцветной к жёлтой, затем снова к бесцветной и т.д. Это была реакция окисления лимонной кислоты одним из известных окислителей – броматом. Как указывал Белоусов, в обычных условиях лимонная кислота почти не окисляется броматом. Окисление происходит гладко, если в качестве «передатчика окисления» присутствуют ионы четырёхвалентного церия, которые тем самым восстанавливаются в трёхвалентное состояние. Это превращение Ce^{4+} в Ce^{3+} и объясняет изменение окраски. Ионы четырёхвалентного церия обуславливают жёлтый цвет раствора, а ионы трёхвалентного церия делают его бесцветным.

Следующий этап: окисление броматом трёхвалентного церия в четырёхвалентный, который опять окрашивает раствор в жёлтый цвет и окисляет лимонную кислоту.

Эта осцилляция $\text{Ce}^{4+} \leftrightarrow \text{Ce}^{3+}$ и делает реакцию Белоусова колебательной или, как он сам говорил, «периодически действующей». Надо подчеркнуть, что перед нами не динамическое равновесие Ce^{4+} и Ce^{3+} , которое поддерживает в среднем одинаковое количество этих ионов в растворе. Превращение Ce^{4+} в Ce^{3+} и обратно не относится к обычным обратимым процессам, стремящимся к равновесию. Белоусову удалось развести во времени превращение Ce^{4+} в Ce^{3+} и превращение Ce^{3+} в Ce^{4+} . Эти превращения разъединены серией химических реакций, различающихся по своим скоростям и меняющим эти скорости в ходе всего процесса.

Сначала идёт медленное окисление лимонной кислоты четырёхвалентным церием, дающее Ce^{3+} и оксикислоту (ацетондикарбоновую). Затем бромат окисляет Ce^{3+} в Ce^{4+} . Эта реакция идёт ещё медленнее, чем предыдущая. Однако затем идёт ряд быстрых реакций: бромид, образующийся наряду с Ce^{4+} при взаимодействии Ce^{3+} с броматом, взаимодействуя опять же с броматом, даёт Br_2 , который сначала поглощается, реагируя с оксикислотой, продуктом окисления лимонной кислоты, а затем, ввиду её медленного образования, спонтанно и быстро выделяется в виде свободного брома. Это и ведёт к осязательному появлению Ce^{3+} в растворе и изменению окраски. До этого весь Ce^{3+} быстро уходил из раствора, переходя в Ce^{4+} (см. рис. 1).

Белоусов понимал, что описывает принципиально новое химическое явление. Он отмечал, что его реакция «замечательна тем, что при её проведении в реакционной смеси возникает ряд скрытых, упорядоченных в определённой последовательности окислительно-восстановительных процессов» [10. С. 648].

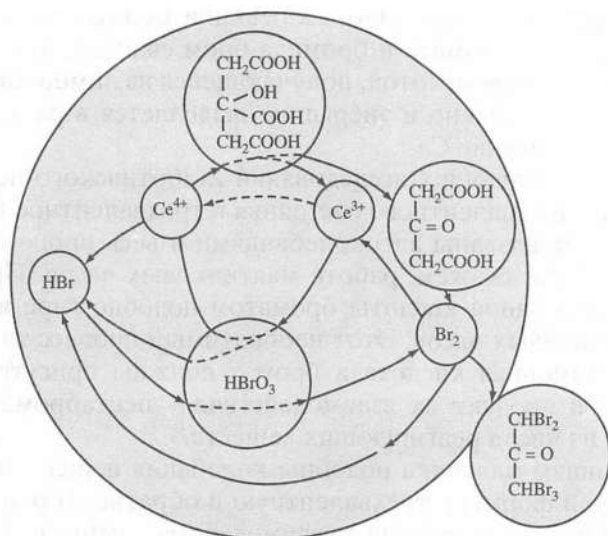


Рис. 1. Схема реакции Белоусова

Белоусов писал о каталитической роли Ce^{4+} . Но, как сказал в беседе с автором настоящей статьи Шноль, в статье Белоусова в «самом общем виде» присутствовало понятие автокатализа, введённое В. Оствальдом ещё в 1890 г., но получившее популярность в химической кинетике позднее, уже в 1970-е гг., в частности, в связи с реакцией Белоусова–Жаботинского [11]. Катализирующий окисление лимонной кислоты ион Ce^{4+} по сути дела является автокатализатором: образуясь при окислении трёхвалентного церия, он ускоряет химический процесс, в котором образуется. О том, что Белоусов владел понятием автокатализа, свидетельствовали и некоторые из интервьюированных настоящим автором сотрудников Института биофизики. Правда, они общались с Белоусовым уже в шестидесятые годы или немногим раньше. Но понятие автокатализа уже появлялось в литературе и в конце сороковых годов. Например, о нём говорится в книге Д.М. Михлина [12], которую, скорее всего, читал Белоусов.

В обсуждаемой здесь статье Белоусов ссылается на реакцию Ландольта [10. С. 652]. Более того, эта, открытая шведским химиком Г. Ландольтом (1831–1910), «ступенчатая» реакция между йодатом и сульфитом (солью сернистой кислоты) [13. С. 759] служила у Белоусова тем образцом, по которому он описывал свою реакцию. В реакции Ландольта происходит выделение свободного йода, которое окрашивает раствор. Но это выделение оказывается отложенным: сначала почти весь йод расходуется в реак-

ции с сульфитом. Аналогично и в реакции Белоусова: образующийся в реакции бромата и бромида бром сначала, в основном, «блокируется» оксикислотой, получающейся из лимонной кислоты, но затем спонтанно и энергично выделяется в раствор, что ускоряет образование Ce^{3+} .

В духе последующих исследований Жаботинского переходы церия из четырёхвалентного состояния в трёхвалентное и обратно могут быть названы автоколебаниями и весь процесс может быть улодоблен, скажем, работе маятниковых часов. При этом окисление лимонной кислоты броматом подобно гире или пружине маятниковых часов. Этот необратимый процесс тянет всю реакцию. Лимонная кислота и бромат должны присутствовать в избытке, и продукт их взаимодействия – пентабромацетон – выводится из числа реагирующих веществ.

Колебаниям маятника подобны колебания церия – из четырёхвалентной формы в трёхвалентную и обратно. В роли «спускового механизма» выступают взаимодействия церия с лимонной кислотой и броматом. При этом существенно, что в этих взаимодействиях участвует реакция бромата с бромидом, образующимся при окислении Ce^{3+} в Ce^{4+} , которая позволяет развести во времени накопление Ce^{3+} и Ce^{4+} и обеспечивает колебания. Иначе превращения церия не стали бы колебаниями: они были бы, так сказать, вмонтированы в движение гири вниз.

Аналогия с маятниковыми часами и вообще с автоколебаниями здесь неполная. Реакция Белоусова лучше укладывается в то описание, которое даёт ей И. Пригожин в теории диссипативных структур. Но это уже другая история.

КРАТКАЯ ТВОРЧЕСКАЯ БИОГРАФИЯ Б.П. БЕЛОУСОВА

Воспроизведём автобиографию Б.П. Белоусова, хранящуюся в его личном деле (автобиография датирована 3 марта 1952 г.):

«Родился в 1893 г. Учился в Москве в Коммерческом училище. В 1908 г. уехал (по болезни) в Швейцарию в г. Цюрих, где и продолжал учиться в начале в реальной гимназии до 1910 г., а затем в Университете, который окончил в 1915 г. В 1916 г. вернулся на родину.

Свою деятельность начал в химической лаборатории Московского Металлического Завода лаборантом, а затем был назначен заведующим Металлографической лабораторией. Позднее в 1919 г. вел преподавательскую работу в Народном Университете, на Рабфаке и Школе 2-й ступени; далее в продолжение многих лет читал общий курс химии в Высшей Военно-химической школе РККА. В течение продолжительного времени читал также курс общей химии и химии боевых отравля-

ющих веществ в Школе усовершенствования командного состава РККА и вел научно-исследовательскую работу по синтезу и анализу. За непосредственное и активное участие в создании новых специальных курсов, читавшихся в Высшей военно-химической школе, и за плодотворную научно-исследовательскую деятельность получил благодарность, объявленную в приказе Наркома обороны.

В 1935 г. ушел из рядов РККА в долгосрочный отпуск и, оставив педагогическую деятельность, перешел на работу во Всесоюзный санитарно-химический институт, посвятив себя всецело научно-исследовательской работе.

В первый же год деятельности в этом институте был премирован и получил благодарность за свои исследования в области аналитической химии (индикации). Последующие годы проходили в работе по созданию оригинальных стационарных, автоматических и других чувствительных газоанализаторов, а также по синтезу новых лекарственных и профилактических средств. В связи с последними работами (по синтезу лекарств. препаратов) мной была предложена новая теория интоксикации при отравлении нарывными веществами, подтвержденная впоследствии другими исследователями. За время Отечественной войны мною был создан ряд ценных лекарственных средств (ВИП-17, ВИП-21 и др.), нашедших применение в Красной Армии и изготовлявшихся на Заводе АКРИХИН (ВИП-21). В 1950 г. в связи с работами по вопросу о выведении некоторых токсических веществ из организма мной было показано значение в организме некоторых биохимических циклов, что должно, несомненно, послужить основанием в деле лечения и профилактики при работе с такими веществами. В этом же году под моим прямым идейным руководством была выполнена работа по получению средств, снимающих вредное загрязнение лабораторного и производственного оснащения, а также ряд других не менее ценных работ.

В заключение отмечу, что за мою успешную и достаточно плодотворную работу был неоднократно награждаем Министерством здравоохранения, Военным ведомством и Правительством: значком "Отличник", орденом "Знак Почета", почетной грамотой, денежными наградами (премия им. Ворошилова) и пр. Некоторые предложенные мною препараты выпускались заводами, а результаты ряда работ вошли в руководства и инструкции. Мною получено 16 авторских свидетельств, написано свыше 50 научных работ, более половины которых так или иначе отмечены положительно. Мною написан учебник неорганической химии и ряд научно-популярных статей в различных журналах».

Сделаем некоторые пояснения. У Б.П. Белоусова не было диплома об окончании Цюрихского университета. Этот диплом заменяло удостоверение, выданное Главным управлением медицинскими учебными заведениями Министерства здравоохранения СССР, о том, что Б.П. Белоусов действительно в 1914 г. окончил Цюрихский университет, естественный факультет (отметим расхождение с тем годом, который указан в приведённой автобиографии, написанной вообще несколько небрежно).

Белоусов указывает в автобиографии, что в начале тридцатых годов работал в Высшей военно-химической школе РККА (Рабоче-крестьянской Красной армии). Впоследствии школа стала одним из факультетов Академии химической защиты. Среди работ этого периода (по списку научных работ и изобретений): «Исследования в области хлорфенолов» (1929), «Исследования в области количественного определения микроколичеств мышьяка» (1933), «Новый метод количественного определения адамсита⁴».

По словам Шноля, Белоусов окончил военную службу в звании комбрига, что соответствует генерал-майору. В личном деле, однако, в качестве последней высшей военной должности указано «военный инженер третьего ранга».

С 1935 г. Белоусов работает во Всесоюзном санитарно-химическом институте. Его работы – «Изучение дозированных микроколичеств хлора» (1936), «Изыскания в области новых индикаторов на иприт и люизит (1935), исследования в области реакции взаимодействия $\beta\beta'$ -дихлордиэтилсульфида с xxx^5 » (1939) и др.

В личном деле Б.П. Белоусова имеется список правительственных наград: орден Ленина – 1946 г., Знак Почета – 1943 г., медаль за оборону Москвы – 1945 г., медаль «За доблестный труд в Великой Отечественной войне» – 1946 г. Непонятно, почему Белоусов не упоминает орден Ленина в автобиографии. (Возможно, из-за секретности работы, за которую был дан этот орден.)

По словам Г.И. Шапошникова, который в 1960-е гг. был сотрудником лаборатории, возглавляемой Белоусовым, орденом Ленина Белоусов был награжден за разработку противоожоговых средств. В списке публикаций, составленных Белоусовым, на военное время приходятся: «Новые препараты для гашения и обезвреживания фосфора» (1941) и «Новый препарат для гашения и обезвреживания фосфора и лёгких металлов» (1942). Аннотация первой работы гласит: «Разработан и предложен новый препарат (ВИП-17), содержащий соединение xxx с примесью катализаторов, быстро и полно взаимодействующее с фосфором и его растворами. Разработано и предложено применение марлевых салфеток, импрегнированных солями с примесью катализирующих и гигроскопических веществ (ВИП-19)». В аннотации ко второй работе сообщается, что «разработан и предложен новый препарат, известный под названием ВИП-21, состоящий из xxx в четыреххлористом углероде с примесями катализирующих веществ.

⁴ Отравляющее вещество, содержащее мышьяк.

⁵ Так кодировались секретные вещества.

Препарат мгновенно гасит пламя и быстро взаимодействует с фосфором или легкими металлами, образуя негорючие и нетоксичные продукты».

В начале войны Всесоюзный санитарно-химический институт был преобразован во Всесоюзный институт патологии и терапии интоксикаций (отсюда и аббревиатура ВИП в названиях препаратов, изобретенных Белоусовым). Как сказано в характеристике на Белоусова от 21.8.1963, с 1947 г. он «возглавляет работу над проблемами в области радиационной химии». Белоусов занимается вопросами терапии и профилактики лучевой болезни. По-видимому, эти работы имели особую секретность, и они названы в списке научных трудов и изобретений как спецработы. Только несколько его работ были оформлены в виде статей, имеющих название (правда, и они не публиковались). Это – «О химических предпосылках к обоснованию эффективности действия препаратов, испытанных в терапии лучевого заболевания» (1952), «О значении и роли малого трикарбонного цикла в естественном выведении из организма некоторых металлов» (1951). Он продолжает также заниматься качественным и количественным анализом отравляющих веществ.

С 1952 г. Белоусов работает в Институте биофизики, который образовался на базе Всесоюзного института патологии и интоксикаций и Радиационной лаборатории. Все эти научные учреждения принадлежали Академии медицинских наук, этой же Академии принадлежал и вновь созданный институт. Белоусов – заведующий лабораторией по специальности «токсикологическая химия», ему установлен персональный оклад в размере 6000 рублей. По воспоминаниям уже упоминавшегося Г.И. Шапошникова, ему предоставляют машину, чтобы ездить на работу и с работы (Белоусов жил в районе Таганской площади, а институт находился далеко от центра города: к нему ходил только один автобус от станции метро «Сокол», который шёл почти час).

В приведённой автобиографии Белоусов упоминает свой учебник неорганической химии. Это написанный коллективом авторов учебник «Неорганическая химия в приложении к военно-химическому делу» (М., 1932), где Белоусовым написана глава «Общие свойства металлов».

В упоминавшейся характеристике 1963 г. говорится, что Белоусову принадлежит «недавно выпущенная монография о радиозащитном препарате – амигдалин, в которой подводится итог одного из разделов его деятельности».

Речь идёт о книге В.Д. Рогозкина, Б.П. Белоусова и Н.К. Евсеева [14], в которой обсуждается механизм защитного действия цианидов (к которым принадлежал амигдалин). Этот механизм

состоит в ингибирующем действии цианидов на дыхательные ферменты, в их способности понижать течение окислительных процессов в организме.

Белоусов и его соавторы подходили здесь к лечению лучевой болезни с позиций их предшествующей работы в химии отравляющих веществ. Там тоже предполагалось, борясь с отравлением организма, подавлять эндогенное (тканевое) дыхание.

В 50-е и 60-е годы Белоусов, как и многие другие в его Институте, занимался созданием протекторов – препаратов, призванных ослабить действие радиации на человека. Одним из таких протекторов был РС-10, названный потом «хитозан». Этот препарат получали из панциря рака и роговых оболочек насекомых, и действующим веществом в нём был хитин.

В 1966 г. Белоусов пишет заявление об уходе на пенсию по состоянию здоровья. Как отмечают С.Э. Шноль и Г.И. Шапошников, это заявление было написано под давлением начальства. Хотя в заявлении было оговорено право работать консультантом, Белоусов больше в Институте биофизики не появлялся и в 1970 г. умер.

По ряду свидетельств, Белоусов охотно показывал сослуживцам свою колебательную реакцию. Люди смотрели, изумлялись, но, как правило, не видели в ней научного достижения. Когда в 1980 г. Белоусову была посмертно присуждена Ленинская премия, в Институте повесили его портрет.

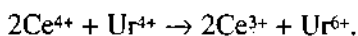
ОТ ТОКСИКОЛОГИИ

К «ПЕРИОДИЧЕСКИ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ РЕАКЦИИ»

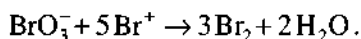
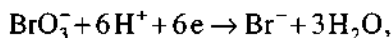
Итак, Белоусов работал в области химии отравляющих веществ, противоожоговых средств и лечения и профилактики лучевой болезни. Его основными сферами деятельности были аналитическая химия и радиационная токсикология. Были ли в его «плановой работе» аналоги тех процессов, которые составили суть будущей реакции Белоусова, была ли в ней хотя бы почва для наводящих соображений?

Броматы – KBrO_3 и четырёхвалентный церий (сульфат церия – $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$), которые задействованы в этой реакции, были у Белоусова под рукой как в буквальном, так и в переносном смысле этого выражения. Они были под рукой, потому что широко применялись в аналитической химии, в том числе и там, где работал Белоусов. Они были «под рукой», поскольку им и его сотрудниками был накоплен опыт работы с такими окислителями, как четырёхвалентный церий и бромат.

Например, оксидиметрическое титрование Ug^{4+} сульфатом церия, которым, наверное, пользовались и в лаборатории Белоусова, идёт по уравнению, близкому к тому, с которого Белоусов начинает свою статью:



Типичная схема броматометрии напоминает второе и некоторые из последующих уравнений в статье Белоусова:



Всё же А. Винфри (см. первый параграф) был прав, когда утверждал, что в идейном плане реакция Белоусова восходит к биохимии. «Его интересы охватывали биохимию, – писал Винфри, – и вели его к моделированию катализа в ходе цикла Кребса, моделированию, использующему металлический ион церия вместо включённого в белок иона металла, обычного для энзимов живой клетки. Цикл Кребса – составная часть метаболизма, посредством которого ацетильные группы окисляются в митохондриях до двуокиси углерода (см. рис. 2). Он называется «циклом» не потому, что происходит осцилляция во времени, а потому что его образует последовательность реакций, замкнутая в окружность, как это имеет место в геохимических циклах. К удивлению Белоусова его пробирочная имитация – раствор лимонной кислоты в воде и подкисленный бромат в качестве окислителя и желтые ионы церия в качестве катализатора – стала бесцветной, а затем периодически возвращалась к желтой окраске, и так в течение часа при комнатной температуре» [9. Р. 662].

Действительно, ко времени открытия «периодически действующей» реакции Белоусов уделял много внимания биохимическим циклам. Об этом писал в автобиографии, которая цитировалась в предыдущем разделе. В другой автобиографии (1955) он пишет: «В 1951 г. в ряде работ была показана роль и значение в терапии малого трикарбонового цикла». Малый трикарбоновый цикл, именуемый также циклом лимонной кислоты, а сейчас обычно – циклом Кребса, упоминается и в ряде рукописей Белоусова, хранящихся в Архиве медико-биологических экстремальных проблем. В неопубликованной статье «О химических предпосылках к обоснованию эффективного действия препаратов, испытанных в терапии лучевого заболевания»⁶ упоминается

⁶ В соавторстве с А.П. Сафроновым, который, по свидетельствам В. Полещука и С.Э. Шноля, помогал Белоусову в работе над колебательной химической реакцией и на которого Белоусов ссылается в своей статье.

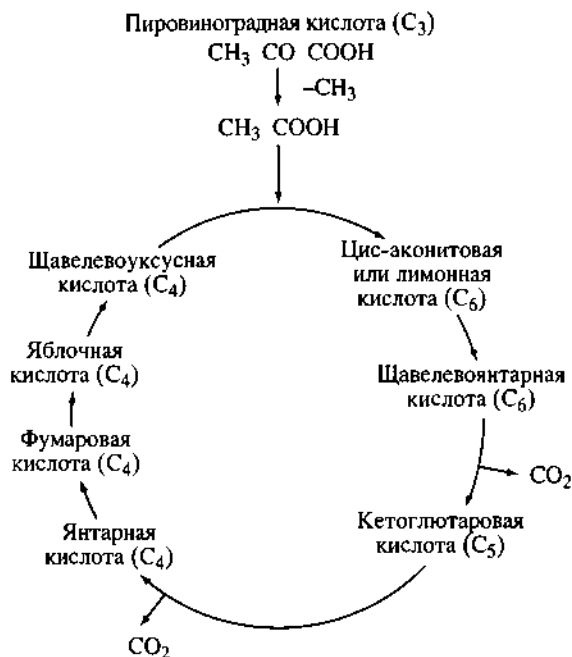


Рис. 2. Цикл Кребса

малый трикарбонный цикл как цикл Баха–Михлина–Кребса (1952)⁷. В списке научных работ Белоусова указана рукопись «О значении и роли малого трикарбонного цикла в естественном выведении из организма некоторых металлов» (датирована 1951 годом). Эта рукопись, однако, утеряна.

Итак, по мысли А. Винфри, Белоусов моделировал реакции цикла Кребса, точнее, он моделировал первую реакцию – окисление лимонной кислоты. Правда, вместо мягкого окисления, имеющего место в цикле Кребса, он проводил более жесткое – броматом. Белоусов, однако, построил цикл. Это видно из той схемы реакции Белоусова, которую он сам предлагает (рис. 1), она напоминает те изображения биологических циклов, которые становились популярными в его время (см., например, рис. 2 – схему цикла Кребса, появившуюся в учебнике биохимии Б.И. Збарского и соавторов, вышедшего в 1951 г. [15. С. 322]).

Винфри указывает на то, что Белоусов моделировал и катализ в собственном смысле слова – катализ реакций, составляю-

⁷ А.Н. Бах и Д.М. Михлин были среди тех, кто доказывал, что лимонная кислота является как конечным, так и исходным реагентом цикла трикарбонных кислот (1938 г.).

щих цикл Кребса, ионами металлов, включёнными в белки, выступающие в роли ферментов. Но цикл Кребса является каталитическим в двух отношениях: в обычном и в отношении автокатализа, который неявно присутствует у Белоусова. «Во-первых, каждый этап цикла катализируется специфическим ферментом (как это вообще характерно для ферментных систем), и, во-вторых, на этот уровень катализа накладывается каталитический эффект промежуточных продуктов цикла: одна молекула любого промежуточного продукта катализирует расщепление многих молекул уксусной кислоты» [16. С. 393].

Винфри пишет, что в своей лабораторной модели Белоусов неожиданно для себя обнаружил осциллирующий в отношении своего валентного состояния ион металла. Но Белоусов, искусный в биохимии своего времени, имел и более прямые аналоги. С циклом Кребса сопряжён процесс окислительно-восстановительного фосфорилирования, пополняющий запас АТФ в живом организме⁸. Фосфорилирование есть образование АТФ из АДФ и фосфата. Энергия, требуемая для этой реакции, возникает за счёт окислительно-восстановительных реакций: пары электронов, отдаваемые промежуточными продуктами цикла Кребса, проходя через ряд ферментов, опускаются на всё более низкие энергетические уровни. Для целей настоящей статьи существен «механизм» действия окислительно-восстановительных ферментов, называемых цитохромами. Цитохромы – это железосодержащие белки, участвующие в переносе электронов. К началу пятидесятых годов было выяснено [17. С. 135–141], что в ходе каталитического процесса валентность содержащегося в цитохромах железа обратимо меняется. Речь идёт о колебаниях по схеме $Fe^{2+} \leftrightarrow Fe^{3+} + \text{электрон}$, объясняющих каталитическое действие цитохрома.

Белоусов не только имитировал цикл Кребса в своей реакции. Он делал это практически в своей работе по радиационной токсикологии. Выше отмечалась статья Белоусова о роли биологических циклов при выведении из организма человека некоторых тяжёлых металлов (в современной терминологии – радионуклидов). Сама статья утеряна. Однако по комментариям, имеющимся в других его статьях, написанных в соавторстве с А.П. Сафроновым, можно судить, что в ней речь шла об использовании нативной (той, которая имеется в организме и участвует в цикле Кребса) лимонной кислоты для удаления тяжёлых металлов (например, плутония). Идея состояла в том, чтобы, активизировав синтез лимонной кислоты, создать её избыток, который

⁸ АТФ – основной хранитель энергии, необходимой для поддержания жизни.

бы извлекал эти металлы, образуя с ними хилатные комплексы, которые уходили бы вместе с мочой (см. [18]).

Белоусов здесь как бы сокращает цикл Кребса, что он и делает в своей периодической реакции. Лимонная кислота выводится из организма, непосредственно попадая в пентозный цикл, обеспечивающий образование мочевины. Хилатный комплекс «блокирует» её движение по циклу Кребса. Так и в периодической реакции Белоусова: лимонная кислота выводится из этой реакции в виде оксикислоты – ацетондикарбоновой кислоты, которая «блокирует» бром, не давая ему возвратиться в реакцию.

Высказанные выше соображения о предпосылках реакции Белоусова, присутствовавших в его практической работе, лишь частично объясняют происхождение этой реакции. Они не говорят о том, как же возникла идея периодичности, идея осцилляции. Может быть, она коренится в идее цикличности, взятой из биологии. Другой возможный источник: судя по воспоминаниям, Белоусов был искусен в получении колец Лизеганга – периодических отложений осадка, напоминающих возрастные кольца на спиле дерева⁹.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Открытие Белоусова, рассмотренное ретроспективно, предвосхищает автоколебательную трактовку некоторых биологических циклов, появившуюся в физической литературе в начале 1960-х годов (см. [19]). Белоусов, стимулированный биохимическими идеями, открыл реакцию, которая затем была истолкована с точки зрения автоколебаний.

Автор благодарит зам. директора Института биофизики – доктора медицинский наук, профессора А.А. Иванова, академика Академии Медицинских наук Б.Б. Мороза, доктора медицинских наук Л.М. Рождественского и кандидата химических наук Г.И. Шапошникову за помощь в работе над темой, представленной в настоящей статье.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Hargittai I.* Candid science. III // More conversations with famous chemists. L.: Imperial College press, 2003. P. 423–431.
2. *Haken H.* Synergetics: An introduction. B. etc.: Springer, 1977. 353 p.

⁹ В 1896 г. немецкий фотограф и специалист по коллоидной химии Рафаэль Лизеганг опубликовал свои опыты по отложению осадка бихромата серебра в желатине (см., например, [8]).

3. *Strogatz S.* Nonlinear dynamics and chaos. Reading (Mass.): Perseus Books, 1994. 580 p.
4. *Рабинович М.И., Трубецков Д.И.* Введение в теорию колебаний и волн. М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и стохастическая динамика», 2000. 560 с.
5. *Карлов Н.В., Кириченко Н.А.* Колебания, волны, структуры. М.: Физматлит, 2001. 496 с.
6. *Pechenkin A.* Understanding the history of the Belousov–Zhabotinsky reaction // Stud. Philos. Tartu, 2004. Vol. IV (40). P. 106–131.
7. *Шноль С.Э.* Герои и злодеи российской науки. М.: Крон-пресс, 1997, 463 с.
8. *Полещук В.* На общих основаниях // Новый мир. 1984. № 4. С. 183–195.
9. *Winfree A.T.* The prehistory of the Belousov–Zhabotinsky oscillator // Chem. Education. 1984. Vol. 61. P. 661–665.
10. *Белоусов Б.П.* Периодически действующая реакция и ее механизм // Колебания и бегущие волны в химических системах / Ред. Р. Филд и М. Бургер; Пер. с англ. под ред. А.М. Жаботинского. М.: Мир, 1988. С. 648–656.
11. *Круг Г.И., Польшман Л.* Вильгельм Оствальд на подходе к созданию синергетической школы // Концепция самоорганизации в исторической ретроспективе. М.: Наука, 1994. С. 36–64.
12. *Михлин Д.М.* Пероксиды и пероксидазы: Химизм медленного окисления. М.: Изд-во АН СССР, 1947. 219 с.
13. *Partington J.R.* A history of chemistry. Vol. 4. N.Y.: Martino publ., 1961. 1007 p.
14. *Рогозкин В.Д., Белоусов Б.П., Евсеев Н.К.* Радиозащитное действие цианистых соединений. М.: Медгиз, 1963. 190 с.
15. *Збарский Б.И., Иванов И.И., Мардашев С.Р.* Биологическая химия. М.: Медгиз, 1951. 608 с.
16. *Ленинджер А.* Биохимия. М.: Мир, 1974. 950 с.
17. *Волькенштейн М.В.* Молекулы и жизнь. М.: Наука, 1965. 504 с.
18. *Сафронов А.П.* К проблеме изыскания препаратов, способствующих выведению инкорпорированного полония через кишечник// Полоний. М.: Медицина, 1964. С. 240–245.
19. *Чернавская Н.М., Чернавский Д.С.* Периодические явления в фотосинтезе // Успехи физ. наук. 1960. Т. 72. С. 627–649.

СОВЕТСКИЕ ФИЗИКО-ФИЛОСОФСКИЕ ДИСКУССИИ НАЧАЛА 30-х ГОДОВ*

ДИСКУССИЯ О ПРИРОДЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

1.

Эта дискуссия проходила три дня: 13 декабря 1929 г., 3 января и 14 марта 1930 г. в ленинградском Политехническом институте. Полная стенограмма дискуссии была опубликована в журнале «Электричество» [1–3]. По официальной версии дискуссия была организована по просьбе студентов института. Однако из материалов обсуждения ясно видно, что инициатором дискуссии был профессор этого института В.Ф. Миткевич.

Владимир Федорович Миткевич (1872–1951) – крупнейший электротехник того времени, академик АН СССР, один из авторов плана ГОЭЛРО, преподавал в Политехническом институте с момента его образования в 1902 г. до конца жизни. Он заведовал кафедрой «Теоретические основы электротехники» и читал основные курсы по этой специальности. Большой популярностью в те годы пользовались его учебники «Теория электрических и магнитных явлений», «Теория переменных токов» и «Физические основы электротехники».

Научное мировоззрение Миткевича сформировалось под влиянием английской классической школы физиков, ведущее своё начало от работ М. Фарадея и Д. Максвелла. Именно они ввели в физику понятие о электромагнитном поле – некоей среде, передающей взаимодействие между электрическими зарядами и магнитными полюсами. Такая концепция получила название концепции близкодействия.

Миткевич целиком и полностью поддерживал концепцию близкодействия и настоятельно пропагандировал её в своих книгах и выступлениях. Однако целый ряд учёных, занимающихся в основном теоретической физикой, считали концепцию близкодействия устаревшей и сводили все физические процессы к взаимодействию между электрически заряженными телами и магнитами, которое осуществляется без участия промежуточных по-

* Введение и статью I «О положении на фронте естествознания» см. в сборнике «Исследования по истории физики и механики» 2005. Наука. С. 126–146.

лей. Такая концепция получила название концепции дальнего действия. Наиболее авторитетным представителем этой точки зрения был Я.И. Френкель.

Яков Ильич Френкель (1894–1952) – крупнейший физик-теоретик того времени, член-корреспондент АН СССР тоже преподавал в Политехническом институте. Он заведовал кафедрой «Теоретическая физика» и читал на протяжении 30 лет соответствующие курсы. При этом в своих лекциях и книгах «Волновая механика», «Электродинамика» он пропагандировал концепцию дальнего действия. Естественно, что студенты, слушавшие лекции обоих профессоров, пребывали в большой растерянности. По словам Миткевича, они обратились к нему за разъяснением, в результате чего и была организована эта дискуссия, которую сами участники называли беседами.

2.

Первое заседание 13 декабря 1929 г. открыл профессор Политехнического института академик А.Ф. Иоффе. Он определил цель этого мероприятия следующим образом: «оно посвящено обсуждению тех новых и очень любопытных взглядов, которые создались у В.Ф. Миткевича по отношению к основной структуре электромагнитных явлений» [1. С. 127]. Этой фразой Иоффе дал понять, что концепция дальнего действия предельно понятна и общепринята и обсуждать надо только взгляды Миткевича и концепцию ближнего действия.

Далее Иоффе пояснил, что до Максвелла физики изучали электрически заряженные тела. Максвелл перенёс интерес физиков с этих тел на окружающую их среду, к электромагнитному полю, которое эти тела окружает. Потом появилась электронная теория, которая, не отрицая существование электромагнитного поля, опять сосредоточила внимание на источниках поля, на зарядах. «Нельзя сказать, – заявил Иоффе, – чтобы между этими двумя точками зрения были бы противоречия, но есть разные устремления, разные области интересов» [1. С. 127].

Он предложил следующий порядок обсуждения: вначале выступит Миткевич и «изложит основные свои взгляды, которые расширили электромагнитную теорию Максвелла, и укажет возможность их нового расширения и чрезвычайно продуктивного приложения, еще более ценного в большой области явлений. Затем Френкель изложит другую точку зрения, ту, которая наиболее привычна в современной физике, которая главным образом сейчас в большинстве работ в области чистой физики используется» [1. С. 127].

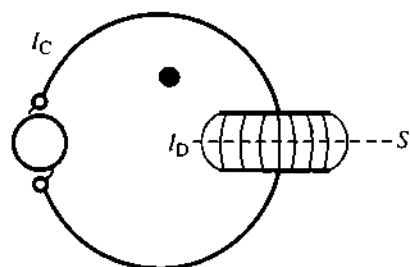


Рис. 1

Вначале Миткевич рассказал о взглядах Фарадея и Максвелла на природу электрического тока. Затем он сформулировал пять основных положений, которые, по его мнению, являются общей характеристикой электрического тока. Первое положение – там, где есть электрический ток, действуют электрические и магнитные силы. Второе положение – электрический ток всегда замкнут. Третье положение – магнитный поток всегда замкнут. Четвертое положение – определение магнитодвижущей силы и, наконец, пятое положение – принцип сцепления магнитного потока и электрического тока.

Все эти положения в учении об электромагнитных явлениях являются общепризнанными и не вызывают дискуссии.

Далее Миткевич проиллюстрировал эти положения рядом примеров. Особо он остановился на случае, когда в цепь включён конденсатор (рис. 1). Поскольку цепь замкнута, электрический ток каким-то образом проходит через пустой конденсатор. Отсюда Миткевич делает следующий вывод: «Совершенно ясно, что если электрический ток есть такой процесс, который может существовать и в условии полного отсутствия материи, в “абсолютной пустоте”, то отсюда следует, что принципиального значения в вопросе о природе электрического тока наличие ионов и электронов не имеет... В процессе передачи энергии движение ионов и электронов играет лишь пассивную роль. Вообще же ток может существовать и при полном отсутствии обычной материи» [1. С. 130].

Своё выступление Френкель начал с того, что никакой новой теории электрического тока в докладе Миткевича он не нашёл, а «нашел только новое название для явления, никем не отрицаемого» [1. С. 131]. Он пояснил, что переменное электрическое поле Миткевич считает током смещения, а электрическое поле как вторичное явление подчиняет магнитному полю. «Я не вижу оснований для того, – сказал Френкель, – чтобы процесс изменения электрического поля во времени рассматривать не как таковой,

Последняя фраза здесь интересна: она сразу даёт оценку концепции дальнего действия как общепринятой в современной физике.

Миткевич выступил с подробным изложением своих взглядов на природу электрического тока. Его доклад сопровождался формулами и графическими иллюстрациями.

а лишь с точки зрения сопутствующего ему в окружающем пространстве магнитного поля» [1. С. 131].

Такой подход является типичным для английской школы физиков (Максвелл, Пойнтинг, Томсон), к которой примыкает и Миткевич. «Эта школа придает преобладающее значение процессу, совершающемуся вне проводника, а не движению материальных частиц в проводнике, – сказал Френкель. – Она склонна рассматривать последнее как второстепенное явление, а первичным и наиболее существенным считать процесс, связанный с существованием вне проводника электрического и магнитного поля. Эта школа не останавливается на введении понятия электрического или магнитного поля. Она, до некоторой степени, пытается материализовать это поле, изображая его при помощи силовых линий и пытается трактовать эти силовые линии как непосредственную физическую реальность... Я считаю, что подобная материализация магнитных и электрических силовых линий совершенно недопустима, – именно потому, что эти линии не суть реальное образование, а лишь продукт нашего воображения» [1. С. 131].

Френкель считает подлинной материей только наэлектризованные частицы, ионы и электроны, а магнитные силовые линии – это продукт «нашего собственного воображения, вводимый нами для удобства и наглядности» [1. С. 132]. По его мнению, материя является первичным образованием, а поле представляет собой своего рода посредник между частицами материи. Поэтому, по Френкелю, вопрос о том, как рассматривать взаимодействие электрических зарядов, непосредственно через пустоту или посредством поля, есть вопрос «эстетического вкуса, а иногда математического удобства» [1. С. 132].

В заключении Френкель резюмировал свои соображения следующим образом: «Во-первых, на материализацию силовых линий следует смотреть как на нечто, безусловно, недопустимое. Во-вторых, отказ от материализации еще не означает отказа от представления об электромагнитном поле, как о некоей реальности. Я думаю, однако, что мы должны считать фундаментальной реальностью не поле, но материю, т.е. движение и взаимодействие материальных частиц, а электромагнитное поле рассматривать, как вспомогательную конструкцию, служащую для более удобного описания этого взаимодействия. Наконец, я полагаю, что оно представляет собой дальное действие, которое мы никоим образом не должны сводить к какому-то действию, и близкое действие, осуществляющемуся через какую-либо промежуточную материальную среду или при помощи материализованных силовых линий» [1. С. 132–133].

Таким образом, Френкель считает материей только материальные частицы, но не электромагнитное поле. Однако он не сомневается, что оно представляет собой «некую реальность», но в то же время эта реальность является только «вспомогательной конструкцией, служащей для более удобного описания». Здесь налицо явное противоречие, и Миткевич попытался разобраться. Он задал Френкелю два вопроса: может ли электрический ток идти через «абсолютную пустоту?». Под абсолютной пустотой Миткевич понимал то, что находится между пластинами конденсатора. И второй вопрос: где тогда локализуется электромагнитная энергия – в проводнике или вне его?

Поскольку по Миткевичу ток – это сумма конвекционного тока и тока смещения, а по Френкелю – только конвекционный ток, то Френкель ответил на первый вопрос так: «С точки зрения Вашего определения тока, ток в пустоте (т.е. при полном отсутствии движущихся электрических зарядов) возможен, а с моей точки зрения – невозможен. Я подчёркиваю, что в этом вопросе разница терминологии, а не физических точек зрения» [1. С. 133].

На второй вопрос Френкель ответил так: «Правильнее считать, что она (электромагнитная энергия. – А.С.) находится в окружающем пространстве, но это в той же мере относится и к энергии электрических зарядов» [1. С. 133].

После выступлений основных оппонентов слово было предоставлено другим участникам дискуссии. П.С. Эренфест высказался в том смысле, что оба оппонента одинаково правы, но всё же электрическим током надо считать и конвекционный ток, и ток смещения, который приводит к переменному току. В.К. Лебединский считает электромагнитное поле реальностью, но силовые линии – только его условным изображением. А.Ф. Иоффе в своём выступлении тоже призвал считать током сумму конвекционного тока и тока смещения, потому что и тот и другой ток «сцеплён» с магнитным полем. Точка же зрения Миткевича на первичность магнитного поля по сравнению с электрическим Иоффе кажется очень продуктивной при рассмотрении электромагнитной индукции. Д.А. Рожанский подчеркнул, что электромагнитное поле является физической реальностью, и с его точки зрения важнейший вопрос: как это поле взаимодействует с электронами. В выступлении В.Р. Бурсиана было чётко сформулировано формальное разногласие между взглядами Миткевича и Френкеля. Первый использовал теорию Максвелла близкодействия, а второй – теорию дальнего действия, включающую потенциал запаздывания. Результаты же получаются одинаковые. Ученик Миткевича профессор П.Л. Калантаров попросил присутствующих физиков высказать своё мнение относительно теории света Томсо-

на, в которой он оперирует квантовым кольцом, аналогичным магнитному вихрю Миткевича.

На этот вопрос ответил Френкель. Он сказал, что работа Томсона ошибочная, «так как все попытки классическим образом получить кванты давали всегда плачевные результаты» [1. С. 136]. «Что касается электрического и магнитного полей, – сказал далее Френкель, – которые мы всегда представляем себе при помощи таких материализованных линий, то их я не называю фикцией и фикцией не считаю. Вопрос о том, реально ли магнитное поле, для меня остаётся открытым. Я не знаю, как сложатся обстоятельства в дальнейшем развитии теории материи в связи с теорией квантов и волновой механикой. Возможно, что там электромагнитные поля приобретут большую реальность, чем сейчас. Большая или меньшая реальность – это понятие не совсем ясное. В настоящее время для нас понятие электромагнитного поля не существенно» [1. С. 136].

Миткевич в своём заключительном слове не согласился с Эренфестом, что между ним и Френкелем фактически нет разногласий. Принципиальное разногласие состоит в том, что Миткевич считает ток замкнутым, а Френкель – разомкнутым. Далее Миткевич считает, что ток может идти в пустоте, а Френкель – что нет. «Вопрос, который я здесь поставил, – сказал Миткевич, – глубочайшим образом связан с вопросом о так называемой реальности или нереальности магнитных линий. Если говорить о реальности электронов, то в такой же мере законно говорить о реальности магнитных линий... Если я говорю, что в некотором объёме “физической пустоты” может заключаться энергия магнитного поля, то я могу говорить о том, что здесь реальные магнитные линии есть» [1. С. 137].

В заключение дискуссии первого дня выступила философ Т. Горнштейн, которая определила, что эта дискуссия «по существу, философский спор, но, вместе с тем, это также всё-таки и физический спор» [1. С. 137]. Поскольку, как она призналась, ещё не вникла в физическую сторону дела, она ограничилась общими рассуждениями.

Первое её замечание касалось вопроса о реальности электромагнитного поля и силовых линий. У Горнштейн тут возник вопрос, о какой реальности здесь идёт речь: о физической ли реальности, когда силовые линии являются физической материей – такой, как, например, электроны или о философской реальности, когда они просто объективно существуют, независимо от нашего сознания.

Второе её замечание касалось вопроса об удобстве описания. По её мнению, такого быть не может, должна быть одна точка зрения, отвечающая критерию истинности нашего познания.

В заключение своего выступления Горнштейн сказала: «Я считаю, что философ не только то должен сказать, что я сказала. Но чтобы сказать большее, надо вникнуть глубоко в физическую сторону спора. Тогда, владея диалектическим методом, философ может сказать ценное и по существу физического спора. А вмешательство философии здесь вопреки тому, что думает тов. Бурсиан, необходимо» [1. С. 138].

Как мы увидим дальше, и без вмешательства философов эта дискуссия постепенно превратилась в философский спор.

Если подвести итоги первого дня, нужно признать, что позиции Миткевича и Френкеля выглядят весьма противоречиво. Миткевич утверждает, что электроны и ионы не играют основную роль в переносе электричества, а всё обусловлено только электромагнитным полем, что находится в явном противоречии с физикой.

Позиция Френкеля тоже противоречива. Он признаёт реальность электромагнитного поля и его роль посредника при взаимодействии заряженных частиц. Но при этом считает, что все электрические явления обусловлены взаимодействием электрически заряженных тел и это взаимодействие есть дальное действие, к которому электромагнитное поле не имеет никакого отношения.

3.

Второй день дискуссии позволил его участникам уточнить свои позиции. На этот раз речь шла не столько о физических механизмах электрического тока, сколько о принципиальных вопросах физики взаимодействия между заряженными телами.

На этом заседании председательствовал профессор Политехнического института М.А. Шателен. Он сразу предоставил слово Миткевичу, который выступил с обширным докладом.

Прежде всего Миткевич прокомментировал выступления других участников дискуссии. Он не согласился с утверждением Д.А. Рожанского, что всё изложенное Миткевичем так ясно, что спорить не о чем. «Как совершенно определённо выяснилось в прошлый раз, – сказал Миткевич, – здесь есть две, по моему мнению, совершенно непримиримые точки зрения. Первая точка зрения, – её наиболее ярким выразителем является Я.И. Френкель, – отстаивает действие на расстоянии. Другая точка зрения, которую защищаю я, кладёт в основу своих рассуждений участие промежуточной среды, среды, окружающей центр или ось, вокруг которой ориентируется то или иное электромагнитное явление» [2. С. 338].

В ответ на замечание П.С. Эрнфеста о том, что эти две точки зрения эквивалентны, Миткевич сказал, что они эквивалентны только в математическом отношении, но не по физической сути явления и привёл ряд примеров. Он согласился с А.Ф. Иоффе в том, что электронная теория должна дополнить теорию Максвелла, но заметил, что при этом должна исчезнуть абсурдная идея действия на расстоянии.

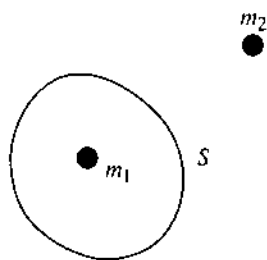


Рис. 2

Затем Миткевич перешёл к существу дела. Прежде всего он процитировал третье письмо Ньютона к Бентли, где тот говорит о невозможности представить себе действие тяготения через пустоту. Это письмо Миткевич иллюстрировал рисунком 2, на котором схематически изображены две массы m_1 и m_2 , и поставил вопрос: можно ли представить себе взаимодействие этих масс без того, чтобы какой-либо физический агент не проникал через поверхность S ?

Далее он перешёл к вопросу о природе магнитного поля. «Проанализировав открытое Фарадеем явление магнитного вращения плоскости поляризации света..., Максвелл пришел к необходимости утверждать, что в магнитном поле мы имеем дело с каким-то вращением. В каждом элементе объёма магнитного поля мы имеем такое вращение, причем это вращение совершается вокруг оси, совпадающей с направлением вектора магнитной силы. Идя по этому пути, мы вместе с Максвеллом приходим к заключению, что физическое магнитное поле, воспринимаемое нами как магнитный поток, должно состоять из некоторых вихревых нитей... Таким образом, беря в основу дальнейших рассуждений физически существующие магнитные линии, понимаемые мною как магнитные вихри, мы имеем в своих руках нечто, способное охватить весь комплекс электромагнитных явлений, и в этом я вижу большую ценность такого представления» [2. С. 339] – сказал Миткевич.

Далее логика рассуждения о взаимодействии магнитного поля с током привела Миткевича к выводу о том, что «энергия электрического тока есть именно энергия магнитного поля этого тока» [2. С. 341], а затем к ещё более парадоксальному выводу: «Таким образом, если стремиться быть логичным и последовательным, приходится утверждать, что, в конце концов, физически существующие магнитные вихревые кольца, сократившиеся до минимальных размеров, в пределе превращаются в какую-то физическую сущность, имеющую свойства движущегося элект-

рического заряда. Быть может, это и есть элементарный электрический заряд – электрон. По внешним своим проявлениям они должны быть совершенно тождественны» [2. С. 342].

В своём не менее пространном ответе Френкель начал с исходного расхождения. «Разрешите мне сейчас, – начал он, – проанализировать понятие близкодействия так, как оно фигурирует в теории Фарадея, так как его представлял себе Максвелл, и показать вам, что это близкодействие, действующее через промежуточную среду, представляет собой только иллюзию, только замаскированное дальноедействие. Не дальноедействие оказывается необходимым сводить к близкодействию, а наоборот, близкодействие к дальноедействию» [2. С. 343].

Френкель отметил, что идея близкодействия нам ближе психологически, потому что в опытах с макроскопическими телами они взаимодействуют при непосредственном контакте. Если же перейти на микроскопический уровень, то, по мнению Френкеля: «здесь нет соприкосновения, а есть действие одной частицы на другую, находящуюся на некотором, хотя и малом, расстоянии. Следовательно, если рассматривать процесс передачи действия от одного тела к другому с микроскопической точки зрения, с точки зрения молекулярного строения тела, то то, что мы воспринимаем как близкодействие, оказывается дальноедействием» [2. С. 343].

Однако, продолжал далее Френкель, можно предположить, что пространство между атомами заполнено какой-то средой, через которую и передаётся взаимодействие. Но эта среда, по мнению Френкеля, тоже состоит из каких-то частиц и между ними тоже имеют место дальноедействующие силы. Поэтому такое предположение не решает вопрос.

Далее Френкель затронул вопрос о том, что действие может передаваться через пространство с запаздыванием. «Известно, что электромагнитные действия передаются в пространстве с конечной скоростью, – сказал он. – В этом отношении они сходны с обыкновенными механическими действиями (давление, толчок), передающимися через какую-нибудь материальную среду... Таким образом, дело здесь заключается не в запаздывании сил, а в запаздывании тех перемещений, которые ими вызываются и в свою очередь их обуславливают» [2. С. 344].

И наконец в заключении своего выступления Френкель уточнил свою позицию по вопросу о реальности электромагнитного поля. Он сказал: «Поскольку мы не представляем себе поле сосредоточенным в некоторой материальной среде, являющейся его носителем, постольку представление того или иного типа, т.е. о поле как о производном материальных частиц (его создаю-

щих) или о материальных частицах как о производных поля (им определяемых) совершенно эквивалентны... Я не отрицаю правомерности представления о поле как о некоторой реальности. Я отрицаю только правомерность представления о том, что это поле соответствует какому-то материальному образу, будь то материальная среда, в виде эфира, или материализованные силовые линии, или силовые линии не как материальные шнуры, а как оси вихревого движения материальной среды» [2. С. 344].

Таким образом, основные участники дискуссии остались на своих позициях. Особенно странным на фоне успехов физики того времени кажется предположение Миткевича о природе электрона как о маленьком магнитном вихре. Не менее странным кажется и взгляд Френкеля на природу электромагнитного поля как на некую нематериальную среду. Такая точка зрения, без сомнения, есть реакция на классическое представление о поле как о некой энергетической сущности, носителем которой является эфир с его парадоксальными свойствами.

Френкеля поддержал Я.Г. Дорфман. «Когда мы будем говорить о поле, что мы понимаем под словом поле? Поле есть слово, а что понимается под существованием самого слова “поле»? – спрашивал Дорфман и отвечал: «Поле есть область действия или, как говорят дипломаты, зона влияния. Это простое, на самом деле филологическое выражение. Нельзя думать, будто достаточно подставить под непонятный процесс простое слово поле. Что значит «поле»? Если мы идём по социалистическому пути, то никто не станет искать в дорожном справочнике его местоположение, ибо это есть выражение, слово – ведь никакого социалистического пути нет реально на карте. Вот почему мне кажется, что теория Владимира Федоровича не есть теория, а есть, в конце концов, филология, которая крайне удобна для сравнительно грубых расчётов техники, но не разъясняет сущность процесса и не соответствует современной физике» [2. С. 347].

Д.А. Рожанский опять пытался примирить взгляды оппонентов. Говоря об общем впечатлении о дискуссии, Рожанский отметил, что в прошлый раз казалось, что разница в воззрениях Миткевича и Френкеля колоссальная. «Теперь ясно, – сказал он, – что по существу можно согласиться и с тем, и с другим оратором» [2. С. 348]. Этим он хотел сказать, что оба подхода в конечном итоге на математическом языке приводят к одинаковым результатам. Однако некоторые идеи Миткевича Рожанскому не понравились. «В частности, возбуждает сомнения теория происхождения электронов, – сказал Рожанский. – Физики, занимающиеся электронами, эту часть теории Миткевича не могут разделить и будут считать, что в этой части та картина, которая здесь

была изложена, противоречит тому, что нам известно о свойствах электронов» [2. С. 248].

Затем слово взял философ М.Л. Ширвинд. Его выступление было наиболее взвешенным и объективным. «Товарищи, – начал он, – я позволил себе принять участие в настоящем диспуте лишь потому, что докладчики, развивая свои взгляды на природу электрического тока, вынуждены были перейти к обсуждению вопросов, имеющих не только физический, но и философский смысл» [2. С. 348]. Философия утверждает, сказал он далее, что для получения объективных знаний о реальности есть два метода – математика и модели. Миткевич пользуется моделями, а Френкель использует математический метод. По мнению Ширвинда, метод силовых линий вряд ли соответствует реальности, но и из позиции Френкеля «не следует, что оно (поле. – А.С.) “абсолютная пустота” (хотя бы и в физическом смысле слова). Электромагнитное поле обладает энергией, значит и массой, следовательно, материальные атрибуты у него имеются... Акад. Миткевич совершенно прав, когда настаивает на реальном существовании среды между двумя массами m_1 и m_2 . Проф. Френкель, полагая, что среда должна обладать механическими свойствами, считает поле пустотой. Испугавшись воскрешения “классического” эфира, проф. Френкель воскрешает Демокритову пустоту» [2. С. 349].

Позицию Миткевича поддержал профессор А.А. Добиащ. Он призвал к «осмыслению электрона в стиле максвелловых идей». По его мнению, на этом пути можно построить нечто аналогичное волновой механике.

Эренфест и Калантаров в своих репликах уточнили некоторые уже обсуждавшиеся положения дискуссии.

Инженер А.В. Трамбицкий назвал дискуссии совершенно отвлечённой и метафизической. «Право, если бы она велась ещё на латинском языке, то можно было бы, слушая, представить себя сидящим в средневековом университете» [2. С. 250] – сказал он. Присутствующие инженеры надеялись услышать современные взгляды на природу электрического тока, но ничего не услышали.

С заключительными словами выступили докладчики. Френкель сказал, что в выступлениях «преобладали соглашательские тенденции, они хотели замазать эти разногласия» [2. С. 350]. Он ещё раз подчеркнул разногласия между ним и Миткевичем: Миткевич «не хочет отказаться от материальной среды, как субстрата, носителя этого поля... Если В.Ф. Миткевич избегает слова «эфир», то он всё время о нём думает... Я же исхожу из реальности материи, как совокупности электронов, которые действуют друг на друга на расстоянии. Правда, не мгновенно, но с запаз-

диванием, это трудно себе представить, потому что мы к этому не привыкли» [2. С. 350].

Миткевич напомнил Френкелю свой вопрос: «Может ли масса m_1 действовать на массу m_2 без того, чтобы какой-либо физический агент проникал через замкнутую поверхность S ? Я.И. Френкель слишком много говорил, но от прямого ответа на мой вопрос он отклонился» [2. С. 350], – сказал Миткевич.

Председательствующий Шателен констатировал, что на поставленные вопросы пока ответов не найдено. Но он надеется, что на следующей встрече будет совершенно твёрдо и ясно установлена разница взглядов основных оппонентов.

Таким образом, в результате второго дня дискуссии позиции оппонентов достаточно чётко определились, но их взгляды не сблизились.

4.

Третий день дискуссии открыл председатель М.А. Шателен: «мы сегодня используем наш вечер для того, чтобы по возможности выяснить для себя до конца взгляды наших товарищей именно на суть природы электрического тока» [3. С. 425].

Он предоставил слово Миткевичу. Тот начал своё выступление с уже известного нам примера, которым он иллюстрировал закон тяготения (рис. 2). По аналогии с этим примером Миткевич задал Френкелю вопрос: «может ли электрический заряд q_1 взаимодействовать с зарядом q_2 без того, чтобы какой-либо физический агент проникал сквозь замкнутую поверхность S ?» [3. С. 425–426]. Ответ на этот вопрос – «да» или «нет», по Миткевичу, определяет физическое мировоззрение. Сам он отвечает категорически «нет», тем самым подчеркивая свою приверженность идеям близкодействия. По его мнению, Френкель на этот вопрос отвечает определённо «да».

«Итак, – продолжал Миткевич, – мы имеем две совершенно определённые исходные точки зрения: точка зрения Фарадея–Максвелла и точка зрения *actio in distans*. Это – противопоставляемые в нашем споре исходные физические воззрения» [3. С. 426].

Затем с пространной речью выступил Френкель. Он начал с того, что согласился с Миткевичем, в том, что «природа электрического тока является скорее ширмой для тех дискуссий, которые на самом деле имели здесь место... Речь идёт о природе электромагнитных явлений вообще, и центральным вопросом В.Ф. является вопрос о том, считать ли эти электромагнитные явления протекающими в пустоте, как действие на расстоянии между

отдельными частицами или трактовать их как протекающие в некой промежуточной среде» [З. С. 426].

Далее Френкель перешёл к изложению своей позиции. Он резюмировал свои выступления на двух предыдущих дискуссиях следующим образом: «Анализируя представления о действии через промежуточную среду, я пытался доказать, что оно представляет собой не что иное, как замаскированное дальное действие, потому что среда эта является на самом деле не сплошной, а состоящей из отдельных частиц, между которыми находится пустота. Таким образом, близкое действие сводится к дальному действию между частицами среды» [З. С. 426]. Здесь необходимо заметить, что промежуточная среда Френкеля существенно отличается от среды Миткевича. Последний мыслит среду как существенно непрерывную, в то время как по Френкелю среда (электромагнитное поле) квантуется. Более того, Френкель настаивает, что современная физика вообще не знает истинно непрерывной среды.

Большая часть выступления Френкеля была посвящена изложению электронной теории, в рамках которой рассматривается взаимодействие между зарядами. Это взаимодействие может быть описано двумя способами. Можно предположить, что вокруг зарядов образуются поля и они определяют силы притяжения или отталкивания зарядов. Но можно описывать взаимодействия с помощью закона Кулона, в котором никакое поле не фигурирует. Первый способ неудобен и не вносит ничего нового в ситуацию, которую описывает закон Кулона. Поэтому, по Френкелю, единственная физическая реальность – это сила взаимодействия между зарядами.

Действия одного заряда на другой передаются с конечной скоростью. Поэтому во взаимодействии проявляется запаздывание. С позиции дальнего действия это понятно – заряду, на который действует другой заряд, нужно время, чтобы воспринять силу, создаваемую первым зарядом.

Отвечая на главный вопрос Миткевича, Френкель высказался вполне определённо: «С моей точки зрения – ответ отрицательный: никакой промежуточной среды, с которой это поле было бы связано, никакого материального носителя поля не существует. Мы имеем пустое пространство, в которое вкраплены отдельные электроны, действующие друг на друга на расстоянии» [З. С. 428].

В заключение Френкель остановился на природе электрического тока. «Электрический ток, – сказал он, – есть простое движение электричества, т.е. другими словами, движение наэлектризованных частиц... В случае металла этими наэлектризованными

частицами являются электроны... В других случаях мы имеем более сложный механизм электрического тока, например, в случае прохождения его в электролите или разряда в газе» [3. С. 430].

Что касается гипотезы Миткевича о превращении магнитного потока в электроны, то это предположение «не имеет физического смысла, потому что оно означает, что взаимодействие между электронами, сила, которую электроны оказывают друг на друга, превращается в сами электроны» [3. С. 431].

После Френкеля с небольшими замечаниями выступил Миткевич. Он возражал против того, что по Френкелю энергия электрического тока находится внутри проводника. «Впечатление такое, – сказал он, – что ему (Френкелю. – А.С.) хочется пользоваться Фарадее-максвелловскими представлениями, но он не считает возможным это открыто признать. Иначе никак невозможно объяснить то, что говорит Я.И. Френкель» [3. С. 432].

Затем слово было предоставлено профессору Политехнического института известному механику И.В. Мещерскому. Он усмотрел аналогию с концепцией дальнего действия в опытах колеблющихся шаров в жидкости. Эта аналогия будет полной, если не рассматривать жидкость. А если акцентировать на ней внимание, то получится аналогия с ближкодействием Миткевича. Мещерский также предположил, что дальнее действие можно рассматривать по аналогии с последовательными ударами частиц, сводя его таким образом к ближкодействию.

Эта идея понравилась Миткевичу. «Я очень благодарен И.В. Мещерскому за то, что он указал на возможность объяснения ближкодействия на малых расстояниях при помощи удара. – сказал Миткевич. – Возможно, что здесь дело сводится именно к “ударам” между какими-то электромагнитными квантами, которые и являются в совокупности физическим посредником, обуславливающим взаимодействие физических центров. Можно себе представить в случае электрических и магнитных взаимодействий нечто подобное тому, что мы имеем при передаче звука... Если я говорю, а Вы, Яков Ильич, воспринимаете звук, это есть дальнее действие или ближкодействие? Промежуточная среда участвует или нет, или в этом случае мы имеем действие на расстоянии?»

Я.И. Френкель: В конце концов – дальнее действие! [3. С. 432].

Далее слово взял В.К. Лебединский. Он выразил удовлетворение дискуссией и предложил считать обе точки зрения взаимно дополняющими.

Г.В. Брауде поддержал точку зрения Френкеля, потому что его воззрения основываются на всех достижениях современной физики.

Затем заключительное слово было предоставлено Френкелю и Миткевичу. Френкель сказал: «Товарищи, мне кажется, что вы все не понимаете надлежащим образом сущность различия между точкой зрения В.Ф. Миткевича и моей. Сущность здесь вовсе не в близкодействии и дальнодействии, а в дальнодействии мгновенном и дальнодействии запаздывающем – и только в этом» [3. С. 434]. Он пояснил, что всякая теория промежуточной среды содержит в себе мгновенное дальнодействие на малых расстояниях. Его же теория дальнодействия на больших расстояниях рассматривает взаимодействие с запаздыванием. Поэтому в теории Миткевича силы между частицами передаются с бесконечной скоростью, а в его теории – с конечной.

Миткевич не согласился с Френкелем и напомнил, что в теории Фарадея и Максвелла взаимодействие распространяется с конечной скоростью. Он признал, что в математическом отношении его теория близкодействия и теория дальнодействия эквивалентны, но физически дальнодействие – это абсурд. «Итак, – сказал в заключение Миткевич, – в физических представлениях Я.И. Френкеля о природе электрического тока встречаются глубокие противоречия, которые являются следствием его стремления видеть в идее *action in distans* нечто большее, чем простой *математический приём*» [3. С. 435].

Председатель Шателен подвёл итог дискуссии следующим образом: «Я думаю, что наша беседа могла бы продолжаться не 3, а 33 вечера, и все 33 вечера она была бы наполнена такими же, в высшей степени интересными сообщениями, как те, которые мы слышали. В результате, конечно, ни к какому окончательному решению, в чём природа электрического тока, мы всё же не пришли бы... Мне кажется, что, выслушав всё, что здесь говорилось, мы имеем возможность, каждый сам для себя, выяснить, в чём разница между двумя представлениями о природе электрического тока» [3. С. 435]. Он поблагодарил докладчиков и всех присутствовавших и сообщил, что материалы дискуссии будут напечатаны в журнале «Электричество».

Шателен абсолютно прав – дискуссия закончилась ничем. Она и не могла привести к однозначному решению, ибо спорившие стороны стояли на совершенно противоположных позициях. Однако в процессе дискуссии они смогли чётко сформулировать свои аргументы и попытаться показать несостоятельность аргументов другой стороны.

С позиций сегодняшнего дня принципиальная позиция Миткевича является физически обоснованной. В мире действительно господствует близкодействие и электромагнитное поле есть не вспомогательная умозрительная конструкция. Но электромаг-

нитное поле не нуждается в специальном носителе типа эфира, а само является физической реальностью, особым видом материи.

Возникает вопрос: почему Френкель, глубокий теоретик, работающий в самых современных разделах физики, в эти годы разделял идею *actio in distans*? По-видимому, здесь действовали две причины. Во-первых, гипноз современных математических методов, которые хорошо описывают взаимодействие зарядов без учёта промежуточной среды. Во-вторых, неприятие эфира, изгнанного из физики теорией относительности, который пытался реанимировать Миткевич.

5.

Как легко было понять из материалов дискуссии, она касалась не столько природы электрического тока, сколько принципиальных вопросов физической природы взаимодействия электрических зарядов (и не только зарядов, но и масс), имеющих большое методологическое значение. В этом ключе дискуссия продолжалась и дальше на страницах научных и философских журналов и в различных собраниях.

Инициатором этих дискуссий был Миткевич. Ещё не закончилась дискуссия о природе электрического тока, а Миткевич уже в 1930 г. в журнале «Электричество», посвящённом 50-летию журнала, опубликовал статью «Магнетизм» [4]. Здесь он изложил свои взгляды на природу электрических и магнитных взаимодействий: во всех взаимодействиях принимает участие промежуточная среда, которая является «основной физической материей» для краткости называемая «эфиром». Дальнодействие же «с идеей *action in distance* является физическим абсурдом».

В ноябре 1931 г. состоялось торжественное заседание Академии наук СССР посвящённое столетию открытия электромагнитной индукции. С докладом выступил Миткевич [5]: Он подробно изложил концепцию электромагнитного поля Фарадея и показал физическую несостоятельность формально-математического подхода, основанного на действии на расстоянии. Эти же мысли он развил в своём докладе на II Международном конгрессе по истории науки и техники [6]. В изданном в виде отдельной брошюры докладе в качестве приложения приведён доклад [5].

В том же 1932 г. Миткевич опубликовал в журнале «Социалистическая реконструкция и наука» большую статью «К вопросу о природе электрического тока» [7]. В ней он сформулировал 10 вопросов, однозначные ответы на которые должны, по его мнению, определить, придерживается ли отвечающий концепции дальнодействия или близкодействия. Одни вопросы носили

общий характер: например, может ли физическое явление протекать вне пространства и времени или может ли физическое явление протекать без всякого участия в нём какой-либо физической субстанции, представляющей собой носитель свойств, обнаруживаемых в явлении. Другие касались конкретных тем: может ли некоторое тело (например, наэлектризованное) прийти в движение в связи с приближением к нему другого (также наэлектризованного), если при этом энергия ни в каком виде не притекает извне в объём, занимаемый первым телом. Ответ «нет» означал, что отвечающий придерживается фарадее-максвелловской точки зрения и сторонник концепции близкодействия. Ответ «да» давал право назвать отвечающего сторонником концепции дальнего действия.

На эти вопросы Миткевичу прислали свои ответы несколько учёных. Среди них философы М.Л. Ширвинд и Ю.П. Шеин. В основном они ответили «нет», чем подтвердили свою позицию сторонников близкодействия. Однако ответы они сопровождали некоторыми оговорками, которые, по мнению Миткевича, приводят их к реабилитации действия на расстоянии. Миткевич счёл необходимым прокомментировать эти ответы в специальной статье [8]. В ней он чётко определил философский аспект рассматриваемой дискуссии. Говоря об оговорках философов, которые, по его мнению, готовы синтезировать две крайние точки зрения, Миткевич писал о невозможности *«синтезировать элементы материалистического и идеалистического мировоззрения»* [8. С. 4].

Миткевич опубликовал также ещё несколько статей, где защищал «фарадее-максвелловскую установку». Одна из них «К вопросу об условности математической трактовки физических явлений» [9] вызвала полемику. Эта статья была ответом на статью инженера из Ульяновска С.Н. Шипкова «Условность строго математической интерпретации мгновенного значения силы электрического тока» [10], где тот указал на противоречие, состоящее в том, что математически сила тока описывается как непрерывная величина, тогда как современная физика допускает возможность только скачкообразных изменений силы тока в связи с квантованием электричества.

В своей статье [9] Миткевич поддержал эту точку зрения, указав и на другие подобные случаи условности математических соотношений. В качестве важного случая такой условности Миткевич привел свой коронный пример взаимодействия двух зарядов (см. рис. 2), которое математически описывается как дальнее действие (закон Кулона), а физически – как близкодействие через электрическое поле.

Статья вызвала также обоснованное возражение профессора Тбилисского университета Д.Б. Гогоберидзе [11]. Он констатировал, что «в настоящее время имеют место две крайние точки зрения, с одной стороны, чисто механистические представления акад. Миткевича, а с другой – формальные построения, которых придерживается большинство физиков и которые часто приводят к идеализму» [11. С. 20]. Он считает попытку Миткевича возродить эфир, который является носителем электромагнитного поля, грубо-механистической концепцией. Более того, Гогоберидзе справедливо считает просто неверной попытку Миткевича трактовать элементарные частицы как пакеты волн в обычном пространстве. «В заключение ещё раз отметим, что, считая грубо упрощенческие и механистические представления акад. Миткевича явно бесплодными, не дающими физической картины явлений и затрудняющими их математическую трактовку, нужно столь же энергично возражать и против чисто формального рассмотрения явлений, оставляющего без ответа вопрос о природе электромагнитного поля» [11. С. 21].

В своём ответе [12] Миткевич назвал такую критику «тонко-идеалистической». По его мнению, «Гогоберидзе возражает не против неправильного использования механических моделей эфира при рассмотрении процессов, происходящих в электромагнитном поле, а против самого оперирования с подобными моделями. Таким образом, он игнорирует то обстоятельство, что всякое движение (в общефилософском смысле слова), всякий физический процесс, обязательно включает в себя некоторое механическое движение, которое хотя и не исчерпывает собой природы соответствующего процесса, но совершенно неотделимо от него» [12. С. 41].

Гогоберидзе не оставил без ответа эту статью Миткевича. «Считается совершенно несомненным, – писал он, – что все попытки объяснения или сведения электромагнитных явлений к механическим заранее обречены на неудачу, так как в электродинамике мы имеем дело с явлениями по существу иной природы, с явлениями качественно отличными от механических» [13. С. 49]. Признание эфира, подчеркнул Гогоберидзе, противоречит теории относительности.

Что же касается ответа на вопрос о взаимодействии двух зарядов (см. рис. 2), то Гогоберидзе отвечает на него следующим образом: «Взаимодействие двух систем так, чтобы в слое, окружающем одну из них, не происходило *никакого* физического процесса, невозможно. Нужно, однако, указать, что очень часто... мы не знаем, какого рода физический процесс происходит при

этом» [13. С. 50]. А пока не знаем, пользуемся формулами теории дальнего действия.

Теперь ответил Миткевич [14, 15]. Однако никаких изменений в его позиции не произошло.

На выступления и статьи Миткевича прореагировал и профессор Электротехнического института Я.Н. Шпильрейн. Поводом послужил его реферат статьи П. Формауера [16], в которой критиковались опыты Миткевича по наблюдению аномального магнитного потока, зависящего от производной силы тока по времени. По Миткевичу этот аномальный поток есть необходимое следствие фарадеевских представлений о магнитном потоке как о совокупности реально существующих магнитных линий. Формауер же показал, что обычная теория дает более точное истолкование этого явления.

Миткевич отреагировал на этот реферат письмом в редакцию [17]. Он утверждает, что доказывает «лишь необходимость логического развития основных физических идей Фарадея, к которым я решительно ничего не добавляю. Всякое отступление от путей, указанных Фарадеем, неминуемо влечёт нас в область *actio in distans* (действия на расстоянии), т.е. влечет нас в область метафизики и формально-математических построений, чем так богата современная физика» [17. С. 608]. Заметим, что здесь впервые в дискуссии появляется метафизика как философская оценка.

Шпильрейн не замедлил с ответом [18]. «Товарищ В.Ф. Миткевич, – писал он, – считает метафизикой всякое отступление от путей, указанных Фарадеем. Но в настоящее время микроскопическая точка зрения является необходимой даже в повседневной практике инженера» [18. С. 608]. Поэтому необходимо ответить на вопрос о структуре силовых линий, «всякому, кто верит в их вещественную природу» [18. С. 608]. Если считать их зернистыми, то между их частицами будет дальнее действие. Если же считать их непрерывными, то как могут они деформироваться и перемещаться? «Мы видим, – продолжал Шпильрейн, – что при более внимательном рассмотрении гипотеза силовых трубок, всё равно сплошных или зернистых, не устраняет затруднений, связанных с действием на расстоянии... Во всяком случае, однако, лозунг «назад к Фарадею» тянет нас к доэлектронной физике прошлого столетия и не может содействовать разрешению назревших проблем современной физики» [18. С. 608].

В эту полемику сочла необходимым вмешаться редакция [19]. В её заметке превалируют философские оценки. «Помещая письмо акад. Миткевича и ответ проф. Шпильрейна, – говорится в заметке, – редакция считает необходимым отметить, что из

верной материалистической установки, состоящей в признании электромагнитного поля *объективной реальностью*, отнюдь не вытекает необходимость сведения электромагнитного поля полностью к той структуре, которую мы имеем в воззрениях Фарадея» [19. С. 608]. Его воззрения, говорится далее, «являются механистическими и не могут быть согласованы с современным состоянием физики (электронная теория, квантовая механика)» [19. С. 608]. Редакция отмечает большое значение, которое имеет борьба Миткевича с формально-математическими и идеалистическими установками в теории электромагнитного поля, критики действия на расстоянии с материалистических позиций. Но в то же время считает ошибкой Миткевича определять взгляды Фарадея как единственно возможную и правильную материалистическую позицию. Они должны рассматриваться как яркий пример механистического материализма.

Заканчивается заметка прямым философским указанием: «Основной проблемой в современной теории поля является проблема *прерывности и непрерывности*, и её невозможно поставить *диалектически* в рамках воззрений Фарадея» [19. С. 608].

Итак, дискуссия о природе электрического тока стала перерастать в философскую дискуссию о методологических проблемах физики, которая естественно должна заканчиваться оценкой философских позиций участников дискуссии.

Такому обороту дела способствовала дискуссия между членом-корреспондентом АН СССР И.Е. Таммом и профессором В.П. Егоршиным. Их статьи [20, 21] были опубликованы в журнале «Под знаменем марксизма» в 1933 г.

Тамм в своей статье [20] прямо указывает, что философы, работающие в области естествознания «просто-напросто не знают современного положения науки» [20. С. 220]. По своим знаниям они находятся на уровне науки прошлого или начала этого столетия. А за последние 30 лет в физике произошла подлинная революция, приведшая к коренному пересмотру многих основных положений. Это привело к тому, что философы заняли наиболее лёгкую позицию – огульного отрицания крупнейших достижений современной физики как идеалистических и махистских. Одним из таких философов, по мнению Тамма, является Егоршин, который отрицает физический смысл понятия силы, пытаясь заменить его понятием энергии.

В качестве другого разительного примера вульгаризации под видом материализма Тамм привёл механистическое объяснение электромагнитных явлений на основе движения и натяжения силовых линий в эфире, которое проповедуют Цейтлин и Миткевич.

В своём ответе Егоршин [21] упрекает Тамма в отсутствии положительной программы применения диалектического материализма в физике «в тот момент, когда на Западе идёт процесс фашизации науки, когда фашисты стремятся физически уничтожить марксизм» [21. С. 233]. Тамм, пишет Егоршин, нигде не выступает против «физического идеализма» и защищает теоретические взгляды таких физиков как Гейзенберг, Шрёдингер, Борн и др., взгляды, в которых есть немало идеализма» [21. С. 233].

Заклеймив, таким образом, взгляды Тамма, Егоршин переходит к конкретным вопросам. Он считает, что «эфир и является одним из видов материи, какие бы необычные свойства он ни обнаруживал. Вот какова материалистическая позиция в вопросе об эфире» [21. С. 235]. Реальностью он считает и электрические и магнитные силовые линии.

Большая часть статьи Егоршина посвящена дискуссии с Таммом относительно понятия силы, и в связи с нашей темой мы не будем её рассматривать.

Статьи Тамма и Егоршина сопровождалась редакционным комментарием [22], в котором отмечалось, что Тамм не видит, что ведущие советские физики делают идеалистические выводы из новейших открытий, которые «закрепляются затем классовыми интересами буржуазии и оказывают на последние определенное отрицательное влияние, обуславливая кризис современной буржуазной физики» [22. С. 262]. Егоршин же критикуется за попытку изгнать из физики понятие силы.

Вместе с тем редакция призывает всех философов и физиков к обсуждению темы, поднятой в статьях Тамма и Егоршина.

Отклики читателей скоро последовали. П. Ромадин (Саранск, Пединститут) пишет [23], что «критика, развернутая проф. И.Е. Таммом, вызвана не желанием оказать помощь этим товарищам (философам-марксистам. – А.С.) в весьма трудной задаче, а наоборот, стремлением свести всю их работу к нулю» [23. С. 240]. Говоря же о силовых линиях, Ромадин считает, что «нельзя электрические силовые линии, обусловленные взаимодействием электрических зарядов и эфира (поскольку мы признаем его реальность) сводить просто к формально-математическому понятию» [23. С. 240].

Откликнулся, конечно, и Миткевич [24]. Он опять заявил, что «только принципиальные фарадеев-максвелловские установки могут служить той путеводной нитью, которая, надо полагать, облегчит нам понимание сущности физических явлений и поможет созданию стройной физической теории» [24. С. 279]. Затем он потребовал от Тамма ответа на вопрос о взаимодействии

(см. рис. 2). Далее он писал: «Я утверждаю, что представление о физическом эфире, к признанию которого приводит нас фарадее-максвелловская точка зрения, должно быть совместимо с идеей о пространственных перемещениях объемных элементов этого эфира, если только мы допускаем возможность возникновения в них каких-либо физических процессов» [24. С. 281].

К этой статье Миткевича редакция журнала «Под знаменем марксизма» дала примечание. В нём говорится: «Редколлегия подчеркивает, что неустанная защита акад. В.Ф. Миткевичем положения об объективности физических процессов, проистекающих в электромагнитном поле, является борьбой за основы научного материалистического понимания природных явлений. Редакция считает, что критикующие взгляды акад. В.Ф. Миткевича профессора Я.Н. Шпильрейн, Я.И. Френкель, И.Е. Тамм и некоторые другие или не дают прямого и ясного ответа на поставленный им вопрос, или дают идеалистический ответ, отрицая объективность физических процессов в поле» [24. С. 278].

Такая оценка взглядов участников физической дискуссии журналом означала только одно – партийное идеологическое руководство целиком на стороне Миткевича, выражающего диалектико-материалистические взгляды. Его противники – идеалисты, придерживающиеся взглядов буржуазных физиков.

6.

Миткевич выступал на собраниях Академии Наук СССР в феврале 1933 г. [25], в октябре 1933 г. [26], в апреле 1934 г. [27] и марте 1936 г. [28] с изложением своих воззрений. Эти выступления сопровождалось дискуссиями между Миткевичем и его оппонентами. Особенно жаркими они были на октябрьской [29] и мартовской 1936 г. [30–33] сессиях.

Доклад Миткевича на октябрьской сессии, в котором он резко критиковал «действие на расстоянии», закончился следующими выводами:

«а) В современной теоретической физике представление о действии на расстоянии играет доминирующую роль без достаточных к тому оснований.

б) Действие на расстоянии не может быть рассматриваемо в качестве первичного физического явления, т.е. в качестве “физического” действия на расстоянии.

в) Принципиальная фарадее-максвелловская установка, выдвигающая на первый план неперемещение среды во всех физических взаимодействиях, совершенно несовместима с точкой зрения “физического” действия на расстоянии.

г) Ввиду своего псевдо-физического характера, представление о действии на расстоянии может быть допустимо только при формально-математическом описании физических явлений, а также при анализе физических закономерностей.

д) Настоятельно необходим критический пересмотр основных установок современной физики, прямо или косвенно вытекающих из представления о “физическом” действии на расстоянии» [26. С. 13].

Миткевич назвал поименно своих оппонентов из Академии наук: «у меня пока имеются, к сожалению, более или менее серьезные расхождения со многими моими коллегами по Академии Наук, в том числе, например, с академиками А.Ф. Иоффе, С.И. Вавиловым, с членами-корреспондентами Академии – Я.Н. Шпильрейном, Я.И. Френкелем, И.Е. Таммом и Г.А. Гамовым» [26. С. 12]. Некоторые из них не преминули выступить в дискуссии.

Первым выступил Френкель. Он сказал, что причиной того, что Миткевич продолжает эту дискуссию, является отождествление им понятия поля со средой, состоящей из отдельных элементов, как это мыслили себе Фарадей и Максвелл. «Современная физика, – сказал Френкель, – считает необходимым ввести понятие об электромагнитном поле, которое заполняет пространство, окружающее частицы, заряженные электричеством. В пространстве, окружающем одну из подобных материальных частиц, происходит некоторый физический процесс, имеется физическое состояние, характеризующее понятие “электромагнитное поле”. Этот процесс, при перемещении источника поля, распространяется со скоростью света, но современная физика категорически отрицает существование у этого поля какого-то материального носителя» [29. С. 13–14].

Френкель, как и на дискуссии о природе электрического тока, считает, что можно высказать две точки зрения. Первая – первичным является электромагнитное поле, а электроны – это вторичные объекты. Вторая – электроны являются первичными объектами, а электромагнитное поле – вторично. «Современное развитие физики, – сказал далее Френкель, – приводит нас к тому, что мы начинаем считать именно электромагнитное поле основной сущностью физических явлений, а частицы материи скорее вторичными продуктами, узловыми местами, а не первоисточниками» [29. С. 15].

Хотя Френкель ещё не признал электромагнитное поле самостоятельным видом материи, но подвижка в его взглядах явно налицо. Миткевич приветствовал такую эволюцию взглядов Френкеля, но заметил, что ясного и определенного ответа он так и не получил.

В спор вмешался академик Н.И. Бухарин. Он заметил, что Френкель не относит электромагнитное поле к материи. Тогда он задал вопрос: является ли электромагнитное поле третьей категорией после материи и духа? Второй вопрос – является ли «пространство атрибутом и чего-то (скажем, материи) или самостоятельной субстанцией?» [29. С. 17].

Френкель ответил, что электромагнитное поле надо считать особым видом материи, материи непрерывной, к которой нельзя применять понятие движения. На второй вопрос он не ответил.

Слово взял профессор Д.Д. Иваненко. Он попытался осветить роль во взаимодействии тел пространства. Иваненко сказал, что вопрос о действии на расстоянии в макроскопических масштабах, по его мнению, давно решён. Однако остается вопрос, справедливо ли это решение для микроскопических областей пространства, так как там действует соотношение неопределённости, открытие которого он приписал себе и Амбарцумяну.

На эту реплику Миткевич ответил, что на сформулированный им принципиальный вопрос Иваненко ответил бы «да».

Вторая дискуссия развернулась на мартовской сессии АН СССР. Миткевич выступил в прениях по докладу А.Ф. Иоффе [30]. Он опять попросил его ответить на вопрос о взаимодействии зарядов (см. рис. 2) однозначно, но Иоффе уклонился от ответа. Вместо него выступил И.Е. Тамм [33]. Он сказал: «К сожалению не все вопросы таковы, что на них можно ответить попросту “да” или “нет”. Если меня спросят – зелёный ли меридиан проходит через Пулковскую обсерваторию или красный, я не смогу ответить ни “да”, ни “нет”. Однако в него (вопрос. – А.С.) можно вложить вполне определённое содержание. Если вложить в него то содержание, которое, как это явствует из всей совокупности статей акад. Миткевича по этому вопросу, неявно вкладывает в него автор вопроса, то на него нужно ответить противоположно тому, как этого хочет акад. Миткевич, т.е. “да”. Но если вложить в этот вопрос правильное физическое содержание, то на него нужно ответить “нет”. Однако, хотя этот ответ формально совпадает с тем, который хотел бы получить акад. Миткевич, по существу он будет иметь весьма отличное содержание от ответа акад. Миткевича» [33. С. 119].

В прениях по докладам С.И. Вавилова [31] и Г.М. Кржижановского [32] Миткевич опять задал своим оппонентам вопрос о взаимодействии (рис. 2) и констатировал, что не получил ещё от них определённого ответа. Говоря об ответе Тамма, Миткевич сказал: «Воздавая должное остроумию проф. И.Е. Тамма, я вместе с тем считал бы необходимым заметить, однако, что всякая шутка есть вещь обоюдоострая. Условно одобряя сравнение,

сделанное проф. И.Е. Таммом, я частично соглашаюсь с ним и охотно допускаю, что сформулированный мною вопрос действительно в некотором отношении можно уподобить вопросу о том, какого цвета меридиан. Но только я спрашиваю своих идейных противников: *какого "цвета" их меридиан?* Окраска моего меридиана всем присутствующим в достаточной степени ясна. Я думаю всем также достаточно ясно, какого цвета меридиан проф. И.Е. Тамма. А вот только непонятно, какого цвета меридианы А.Ф. Иоффе и С.И. Вавилова: красного они цвета или зелёного» [32. С. 185–186].

Эта фраза Миткевича, хотел он этого или нет, уже содержала намек на философские и политические взгляды оппонентов. В другой общественной и политической обстановке второй половины 30-х годов они конкретизовались в обвинения Тамма, Фока, Френкеля, Иоффе и других оппонентов Миткевича в физическом идеализме с известными организационными последствиями [34].

7.

Рассмотренная нами дискуссия о природе электрического тока и последовавшие за ней споры о природе взаимодействия электрических зарядов имели важное значение для формирования представления об электромагнитном поле как об особом виде материи. В процессе дискуссий только взгляды Миткевича оставались неизменными. Он считал, что в основе любого взаимодействия лежит близкодействие через некую среду, которую он условно называл «эфиром». Эта среда, по его мнению, является носителем электромагнитного поля. При этом электрические и магнитные силовые линии – это физические натяжения в «эфире».

Взгляды других участников дискуссии претерпевали заметную эволюцию. Это особенно хорошо видно на примере Френкеля. Вначале он считал, что электромагнитное поле – это просто удобный прием для описания взаимодействия зарядов, а на самом деле взаимодействие осуществляется через пустоту, но с конечной скоростью. Затем он признал реальность электромагнитного поля, но не счёл возможным отнести его к материи, под которой он понимал только электрические заряды. И в конце концов согласился считать электромагнитное поле особым видом материи. Правда, при этом он отказал ему в наличии пространственных перемещений.

Рассмотренная дискуссия интересна и в другом отношении. Она начиналась как обсуждение чисто физического вопроса – природы электрического тока. Затем на передний план вышла

проблема взаимодействия, имеющая методологическое значение. И в результате, особенно в середине 30-х годов, она переросла в философскую дискуссию с навешиванием обвинительных ярлыков «физических идеалистов» на выдающихся советских физиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Первая беседа на тему «Природа электрического тока», состоявшаяся 13 декабря 1929 г. // *Электричество*. 1930. № 3. С. 127–135.
 2. Вторая беседа на тему «Природа электрического тока», состоявшаяся 3 января 1930 г. // Там же. № 8. С. 337–350.
 3. Третья беседа на тему «Природа электрического тока», состоявшаяся 14 марта 1930 г. // Там же. № 10. С. 426–435.
 4. *Миткевич В.Ф.* Магнетизм // Там же. № 9. С. 11–16.
 5. *Миткевич В.Ф.* Работы Фарадея в области электромагнитной индукции в связи с его общими физическими воззрениями // Основные физические воззрения: Сб. докл. и ст. 3-е изд., доп. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1939. С. 7–15.
 6. *Миткевич В.Ф.* Работы Фарадея и современное развитие приложений электрической энергии. М.; Л.: Гостехтеоретиздат, 1932. 19 с. (Докл. сов. делегатов на II Междунар. конгр. по истории науки и техники, Лондон, июнь–июль 1931 г.).
 7. *Миткевич В.Ф.* К вопросу о природе электрического тока // Соц. реконструкция и наука. 1932. № 3. С. 20–43.
 8. *Миткевич В.Ф.* Об ответах М.Л. Ширвинда и Ю.П. Шеина по поводу десяти вопросов // Тр. Ленингр. электромех. ин-та. 1934. № 1. С. 3–5.
 9. *Миткевич В.Ф.* К вопросу об условности математической трактовки физических явлений // *Электричество*. 1933. № 12. С. 1–4.
 10. *Шипков С.Н.* Условность строго математической интерпретации мгновенного значения силы электрического тока // Там же. С. 5.
 11. *Гогоберидзе Д.Б.* К вопросу об условности математической трактовки физических явлений (по поводу статьи акад. В.Ф. Миткевича) // Там же. 1934. № 1. С. 20–21.
 12. *Миткевич В.Ф.* По поводу статьи проф. Д.Б. Гогоберидзе «К вопросу об условности математической трактовки физических явлений» // Там же. № 7. С. 40–43.
 13. *Гогоберидзе Д.Б.* К вопросу об условности математической трактовки физических явлений: (Ответ акад. В.Ф. Миткевичу) // Там же. 1935. № 5. С. 49–50.
 14. *Миткевич В.Ф.* По поводу физических воззрений проф. Д.Б. Гогоберидзе // Там же. № 22. С. 42.
 15. *Миткевич В.Ф.* К окончанию дискуссии с проф. Д.Б. Гогоберидзе об основных физических воззрениях // Там же. 1936. № 6. С. 28–30.
 16. *Шпильрейн Я.Н.* Реферат статьи Р. Fourmaier «О существовании аномального магнитного потока» // Там же. 1932. № 5. С. 312.
10. Исследования по истории физики...

17. Миткевич В.Ф. В редакцию журнала «Электричество» // Там же. № 11. С. 608.
18. Шпильрейн Я.Н. Правильны ли лозунг «назад к Фарадею»? // Там же. С. 608.
19. От редакции. К переписке гг. В.Ф. Миткевича и Я.Н. Шпильрейна // Там же.
20. Тамм И.Е. О работе философов-марксистов в области физики // Под знаменем марксизма. 1933. № 2. С. 220–231.
21. Егоршин В.П. Как И.Е. Тамм критикует марксистов // Там же. С. 232–260.
22. От редакции // Там же. С. 261–263.
23. Отклики читателей // Там же. № 5. С. 240.
24. Миткевич В.Ф. О позиции И.Е. Тамма в отношении принципиальных воззрений Фарадея и Максвелла // Там же. № 6. С. 278–281.
25. Миткевич В.Ф. Основные воззрения современной физики // Основные физические воззрения: Сб. докл. и ст. 3-е изд., доп. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1939. С. 16–37.
26. Миткевич В.Ф. О «физическом» действии на расстоянии. Л.: Изд-во АН СССР, 1934. 19 с.
27. Миткевич В.Ф. О некоторых основных положениях, относящихся к области физики // Основные физические воззрения: Сб. докл. и ст. 3-е изд., доп. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1939. С. 49–52.
28. Визгин В.П. Мартовская (1936 г.) сессия АН СССР: Советская физика в фокусе // Вопр. истории естествознания и техники. 1990. № 1. С. 63–84.
29. Прения по докладу академика В.Ф. Миткевича «О «физическом» действии на расстоянии» в Общем собрании Академии наук СССР 4 октября 1933 г. // О «физическом» действии на расстоянии. Л.: Изд-во АН СССР, 1934. С. 13–19.
30. Миткевич В.Ф. Выступление по докладу академика А.Ф. Иоффе // Основные физические воззрения: Сб. докл. и ст. 3-е изд., доп. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1939. С. 178–183.
31. Миткевич В.Ф. Выступление по докладу академика С.И. Вавилова // Там же. С. 183–184.
32. Миткевич В.Ф. Выступление по докладу академика Г.М. Кржижановского о плане работ Академии наук СССР на 1936 г. // Там же. С. 184–186.
33. Выступления члена-корреспондента Академии наук СССР И.Е. Тамма // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1936. № 1/2. С. 118–119.
34. Сонин А.С. Физический идеализм: История одной идеологической кампании. М.: Физматлит, 1994. 223 с.

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ СЕМИНАР
ПО ФИЛОСОФСКИМ ВОПРОСАМ
ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ
(1952 год, физфак МГУ)**

ВВЕДЕНИЕ

1 июля 1952 года на физическом факультете Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова состоялось заседание методологического семинара, посвящённое обсуждению теории относительности Эйнштейна. Осенью того же года стенограмма заседания объёмом в 112 машинописных страниц была размножена на пишущей машинке и распространялась по физическому факультету для изучения на политсеминарах. Как следовало из текста, этот семинар был вторым по данной тематике и на нём обсуждался основной доклад, сделанный на предыдущем семинаре доктором физико-математических наук профессором Халилом Магомедовичем Фаталиевым, заведующим кафедрой диалектического и исторического материализма естественных факультетов МГУ. Выступавшие ссылались на письменные тезисы доклада и на ранее состоявшиеся выступления профессоров М.Ф. Широкова (1901–1982), Ф.А. Королёва (1909–1979), В.Н. Кессениха (1903–1970) и др. Доклада Х.М. Фаталиева и материалов первого семинара автор не видел; данная статья написана на материале заседания 1 июля 1952 года.

Сохранившаяся стенограмма представляет интерес как историческое свидетельство официального отношения руководства физического факультета МГУ к теории относительности, ставшей одним из столпов теоретической физики XX века. Кроме того, этот материал важен для понимания общего процесса развития ключевой области теоретической физики. Напомню, что менее чем через 10 лет, в самом начале 60-х годов на базе физического факультета МГУ была создана секция гравитации Минвуза СССР, координировавшая отечественные исследования по теории относительности и смежным проблемам физики. При этом среди руководителей секции были и выступавшие на семинаре 1952 года. Это профессор Д.Д. Иваненко (1904–1994), основатель секции гравитации и один из её руководителей вплоть до упразднения секции в 1988 г., и профессор А.А. Соколов (1910–1986), в те годы декан физического факультета, а впослед-

ствии заведующий кафедрой теоретической физики, который был председателем этой секции с 1972 по 1984 г. Участвовавший в заседании 1 июля 1952 г. доцент И.П. Базаров (1916–2005) в 90-х годах, уже будучи профессором, стал руководителем этого методологического семинара. Но самое главное, на что хотелось бы обратить особое внимание, это сформулированные на заседании 1952 г. концептуальные метафизические позиции, которые не утратили своей актуальности и представлены в теоретической физике и сегодня (см. [1]).

Автор заранее приносит извинения за довольно обширные цитирования. Это сделано сознательно, чтобы полнее представить высказанные позиции. (Текст выдержек из стенограммы практически не подвергался редактированию.) В стенограмме не сказано, кто был председателем данного заседания, однако старшие коллеги, работавшие и учившиеся в то время на факультете, утверждают, что чаще всего председательствовал профессор Фёдор Андреевич Королев, в ту пору заместитель декана физического факультета МГУ, а впоследствии заведующий кафедрой оптики.

ПОЗИЦИЯ ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА

Первое слово на заседании было предоставлено декану физического факультета, профессору Арсению Александровичу Соколову, который сначала сказал о преемственности принципов относительности в механике Галилея–Ньютона и в специальной теории относительности и напомнил её основные положения.

«Специальная теория относительности, – продолжал А.А. Соколов, – установила связь между пространственными и временным измерениями, а также между энергией и массой, которые удалось выразить с помощью довольно простых математических соотношений. Это, бесспорно, является положительным фактом и указывает на правильность учения Эйнштейна, его взгляда на пространство, время, массу и движение, указывает, что согласно нашей современной материалистической концепции пространство и время являются формами существования движущейся материи, доказывает неразрывность всех этих категорий.

Однако эти соотношения мы должны правильно понимать. Как известно, последователи махистской школы, в том числе и сам Эйнштейн, пытались по-своему истолковать это открытие. В частности, соотношение между массой и энергией они до сих пор интерпретируют как сведение материи к движению, то есть воскрешают теорию Оствальда. В связи с этим я хочу указать, что Гостехиздат неправильно поступил, выпу-

стив в русском переводе книгу Эйнштейна и Инфельда¹. В этой книге махистские взгляды Эйнштейна изложены с наибольшей силой. Насколько мне известно, Л. Инфельд перестал работать под руководством Эйнштейна и переехал в Польшу, где является прогрессивным учёным и отказывается от тех взглядов, которые в своё время были им разработаны вместе с Эйнштейном.

Какие же ошибки сделаны в интерпретации этих важнейших открытий в области физики, на которые я уже указывал? Авторы пытаются доказать в этой книге, что масса представляет собой энергию. Вещество рассматривают как огромную концентрацию энергии в сравнительно малом пространстве. Такая постанова вопроса приводила, естественно, авторов к неприкрытым идеалистическим выводам, когда они в конце книги пишут, что наука является созданием человеческого разума. Таким образом, один из создателей теории относительности, а именно Эйнштейн, который правильно разработал некоторые законы, – когда перешёл к конкретным приложениям, к рассмотрению принципиальных вопросов, – то под влиянием философии махизма сделал реакционные идеалистические выводы».

Затем А.А. Соколов изложил, как он понимает основные «заблуждения» Эйнштейна:

1. «Пространство и время, а также масса и энергия совершенно не могут быть сведены друг к другу. Они взаимосвязаны, и взаимосвязь между ними должна устанавливаться». Этот тезис А.А. Соколов подкрепил цитатой И.В. Сталина.

2. «Нельзя делать ошибку, которая была сделана махистами в своё время: объявлять законы специальной теории относительности абсолютными и считать, что с их помощью можно исследовать все явления».

3. «Вообще я должен здесь остановиться на одной из реакционных попыток Эйнштейна создать единую теорию поля. С помощью единой теории поля Эйнштейн пытался объяснить всё на свете, в том числе получить квантовые волновые уравнения, постоянную Планка и доказать атомистичность строения отдельных частиц. Как известно, эта попытка оказалась неудачной, и, как будто, от этой теории отказался даже сам Эйнштейн».

4. «Попытки связать массу с электромагнитной энергией окончились неудачей. Это говорит о том, что к проблеме собственной массы подходить классически, с помощью электродинамики движущейся среды, недостаточно».

5. «Общая теория относительности является далеко ещё незаконченной, она только ещё создаётся. И если выводы специальной теории относительности вошли в технику, то общая теория относительности, её уточнения и сравнения с механикой Ньютона охватывают сравнительно ограниченный круг явлений. Но, конечно, само построение

¹ Имеется в виду книга А. Эйнштейна и Л. Инфельда «Эволюция физики» [2].



Профессор Арсений Александрович
Соколов

неевклидовой геометрии, бесспорно, заслуживает самого тщательного изучения и, по-видимому, является правильным. При построении общей теории относительности самим Эйнштейном и его последователями делается ошибка в развитии так называемого кинематического направления. Оно сводится к попытке построить теорию гравитации на основе принципа эквивалентности» (...) «Советские учёные показали, что принцип эквивалентности не имеет значения при исследовании теории тяготения. Искривление пространства исключительно зависит от распределения тяготеющих масс и их движения. Поэтому попытки отождествить силу и инерцию являются, бесспорно, неправильными».

6. «Ряд выводов: о конечности мира и т.д. — являются неправильными, т.к. они основаны на малом количестве экспериментальных фактов. Поэтому пока является преждевременным строить такую законченную космологическую систему».

«Заканчивая своё выступление, я должен сказать, что специальная теория относительности, если понимать её как электродинамику движущейся среды и как релятивистскую теорию частиц, бесспорно, имеет большие физические достижения, о которых я говорил. С теми, кто из больших физических достижений пытается делать реакционные выводы, мы должны бороться самым категорическим образом.

Точно так же и в общей теории относительности. В настоящее время она находится в процессе становления. В её основе лежит величайшая идея Лобачевского. В общей теории относительности надо самым решительным образом бороться против реакционных выводов, в том числе с развитием кинематических направлений. Только тогда наша советская наука, наша советская физика, в основе которой лежит передовое учение диалектического материализма, получит правильное дальнейшее развитие».

В настоящее время, спустя более полувека, можно возразить докладчику практически по всем пунктам его критических замечаний по поводу теории Эйнштейна. Так, космологические решения уравнений Эйнштейна, в том числе и основанные на идее замкнутости Вселенной, лежат в основе современных представ-



Декан физического факультета МГУ профессор А.А. Соколов награждает грамотами школьников – победителей физической олимпиады (начало 50-х годов)

лений об устройстве мира в целом. Анализ принципов общей теории относительности показывает, что эта теория в принципиальном плане к тому времени уже была построена и дальнейшее развитие данной геометрической парадигмы шло в направлении поиска новых решений уравнений Эйнштейна, а также её приложений в области космологии, физики микромира и её геометрических обобщений. Созданием раскритикованной докладчиком единой теории поля в настоящее время занимается большинство физиков-теоретиков. Что же касается законов специальной теории относительности, то они относятся не только к электродинамике, а имеют универсальный характер в физике и т.д.

Особо хотелось бы остановиться на критических замечаниях А.А. Соколова в адрес «кинематического направления» в физике, соответствующего геометрическим принципам общей теории относительности. Сформулированная выступавшим позиция имеет принципиальный, более того, метафизический характер. Чтобы было понятно, что здесь имелось в виду, напомним основные концептуальные подходы, которые были представлены в теоретической физике.

В самом начале XX в. с созданием специальной теории относительности была окончательно оформлена триалистическая

метафизическая парадигма. Являясь развитием работ Галилея и Ньютона, эта парадигма опирается на три ключевые категории: пространство–время, частицы (тела, помещаемые в пространство–время) и поля переносчиков взаимодействий. Прошедшее с тех пор столетие в развитии теоретической физики можно рассматривать как переходный период от триалистической парадигмы к искомой холистической, т.е. к единой теории, исходящей из одной обобщённой категории. Сейчас иногда её называют «теорией всего», «окончательной теорией» и т.п.

В XX в. было осознано, что трёх перечисленных категорий слишком много, и физику стали строить на основе двух категорий, т.е. в рамках дуалистических метафизических парадигм [1]. Но при переходе от трёх категорий к двум возникла неоднозначность, которая отразилась в наличии двух базисных теорий прошлого века: квантовой теории поля (включая модные ныне суперсимметричные теории) и общей теории относительности (включая её многочисленные геометрические обобщения). Так, квантовая теория поля строится на двух категориях: пространстве–времени и поле амплитуды вероятности, включившем в себя прежние категории частиц и бозонных полей переносчиков взаимодействий. Дуалистические теории такого рода следует отнести к физическому миропониманию.

Геометрические же теории (общая теория относительности и её обобщения) строятся на другой паре категорий: на прежней категории частиц и на обобщённой категории искривлённого пространства–времени, включающей в себя прежние категории пространства–времени и полей переносчиков взаимодействий. Эти теории естественно назвать геометрическим миропониманием [3]. В его рамках поля исключаются из числа самостоятельных категорий, определяющих динамику, и становятся геометрическими характеристиками искривлённого пространства–времени, т.е. динамика как бы заменяется кинематикой. Так, в общей теории относительности уравнения геодезических являются кинематическими, заменяющими динамические уравнения движения тел в гравитационном поле. Показано, что такой «кинематический подход» раскрывает более тонкие свойства мироздания, что подтверждается рядом эффектов общей теории относительности.

Заметим, что в теоретической физике XX века было представлено и третье дуалистическое миропонимание – реляционная дуалистическая парадигма, получившая наиболее полное развитие в виде теории прямого межчастичного взаимодействия Фоккера–Фейнмана (на основе концепции дальнего действия, альтернативной концепции ближнего действия, т.е. теории поля).

Профессор А.А. Соколов придерживался физического миропонимания, что нашло отражение в широко известных книгах по квантовой механике и квантовой теории поля, а также в работах его единомышленников. Поэтому его критическое отношение к космологии, кинетическому характеру общей теории относительности и к попыткам А. Эйнштейна, А. Эддингтона, Л. Инфельда и других авторов геометризовать не только поля переносчиков взаимодействий, но и всю иную материю, вполне объяснимо. Наконец, прозвучавшее выступление – это отражение его миропонимания (научной веры), которое к тому же подкреплялось господствовавшей в стране идеологией, квалифицировавшей общую теорию относительности как идеалистическую, а следовательно, противоречащую принципам диалектического материализма.

В связи со сказанным можно выразить удивление, что в 70-х годах руководство научно-технического совета Минвуза СССР назначило профессора А.А. Соколова председателем секции гравитации, призванной координировать исследования в стране по общей теории относительности и гравитации, т.е. в рамках миропонимания, противоречащего его научным позициям. Это объясняется политическими соображениями: вопрос о назначении нового руководителя секции был решён в пользу надёжного организатора, в число заместителей которого вошли Д.Д. Иваненко и несколько молодых специалистов в этой области, включая автора данной статьи.

Затем председатель зачитал письменное заключение отсутствовавшего на заседании профессора Якова Петровича Терлецкого (1912–1993) на доклад Х.М. Фаталиева. Терлецкий также не являлся сторонником геометрического миропонимания.

ПОЗИЦИЯ ПРОФЕССОРА Д.Д. ИВАНЕНКО

Потом слово было предоставлено профессору Дмитрию Дмитриевичу Иваненко:

«Товарищи! Я не буду долго задерживать ваше внимание, в особенности после докладов профессора Соколова и профессора Терлецкого, с которыми я, в основном, согласен. В основном, но не во всех пунктах согласен с Яковом Петровичем, и в ряде пунктов хотел бы дополнить и подчеркнуть то, что здесь говорил Арсений Александрович. Я не буду примыкать к их выступлениям, я выскажу независимо свою точку зрения. Сегодняшнее заседание имеет двойную цель. С одной стороны, речь идёт о теории относительности, а, с другой, – перед нами доклад товарища Фаталиева. Очевидно, все выступления ориентируются по



Профессора Д.И. Блохинцев и Д.Д. Иваненко (начало 50-х годов)

обоим направлениям. Хотя, как говорил с самого начала товарищ Фаталиев, он ограничил свое выступление специальной теорией относительности, но многие выступавшие уже выходили за её рамки, и это не случайно». (...)

«Имеет ли смысл ограничиваться специальной теорией относительности? Я вижу в этом опасность. Товарищ Фаталиев ставит вопрос ещё уже: он говорил не вообще о теории относительности, а об её идеалистических извращениях, об идеализме Эйнштейна. Это, конечно, очень поучительно, так как Эйнштейн – крупный физик современности, и в его взглядах, как в фокусе, многое сказывается. Можно сосредоточить внимание на нём, но доклад ставится об извращениях Эйнштейна. Это очень интересно, но это меня уже не столь трогает, и это не так актуально. И хотел того Фаталиев, или нет, но здесь имеется опасность увести нас, увести физиков МГУ и советскую науку (в некотором масштабе) от обсуждения острых вопросов, фронтовых проблем реляти-

вистской теории сегодняшнего дня, от проблем релятивистской квантовой теории». (...)

«На наших глазах обобщается квантовая теория. Мы уверены, что на этот участок фронта должны быть брошены основные силы, но только научные теоретические, но и методологическое внимание должно быть заострено на этом вопросе; потому что, если мы упустим время и не примем участия в развитии этой теории и пропустим идеалистические выверты, которые уже начались, если не заложим фундамент материалистического понимания квантовой теории, то нам придётся потом с большим трудом наводить критику, уже имея цельную, забронированную так или иначе теорию, которая будет в значительной степени идеалистической. Она не может не быть идеалистической, поскольку она рождается в определённой среде, крайне реакционной, в среде, которая, правда, поняла силу науки и старается её использовать и даже подкупить ряд учёных, не брезгая услугами римского папы. И много усилий придётся приложить, чтобы она вновь стала материалистической наукой». (...)

«Может быть, надо понимать так, что специальная теория относительности является глубоким тылом, общая теория относительности является вторым эшелонem, а релятивистская квантовая теория – передним краем. Глубокий тыл надо прочистить, но, главным образом, это нужно для того, чтобы расчистить почву и перебросить мост к современным представлениям» (...) «Только связав с проблемами современной физики нужно критиковать специальную теорию относительности. Говорить только о специальной теории относительности изолированно невозможно; и докладчики все перешли её границы, что не только невозможно, но даже опасно в организационном смысле». (...)

Далее Д.Д. Иваненко сделал критические замечания по докладу Х.М. Фаталиева по пунктам:

1. «У Вас теория относительности подвергается сомнению, и у Вас, как будто звучит лозунг “Назад, к Лоренцу!” Говорится, что он всё сделал правильно, и Эйнштейн его даже испортил. Можно сказать, что исторический аргумент бывает в науке самым сильным. Маловероятно, чтобы Лоренц всё сделал, и 50 лет физика шла и только повторяла его соотношения. Это не так, и для меня подобное звучит недоказательно. Надо подчеркнуть, что Лоренц не всё сделал. Преобразований магнитного поля у Лоренца нет. Это сделали Пуанкаре и Эйнштейн. Во всяком случае, де-факто Лоренц сделал преобразования Лоренца, но лишь по форме, но не в смысле понимания. Маловероятно, чтобы Эйнштейн, который сделал многие выводы, и Пуанкаре, которого Вы замалчиваете, чтобы они одновременно и независимо пришли к близким выводам. Одна из работ появилась в печати на две недели позже другой. Очень много ценного у Пуанкаре, чего нет у Эйнштейна, и наоборот. Причём Пуанкаре уже говорил в своей работе о тяготении, – так что у него есть вещи, которых не было у Эйнштейна. У Вас же Пуанкаре вообще нет». (...) «Зачем же говорить – назад к Лоренцу? Крайне маловероятно,

чтобы всё было напутано после Лоренца. А что, собственно, напутано? Против формул теории относительности Вы не протестуете? Получается, что формулы признаются, а смысл не признаётся?!”

2. «На странице 5 Вы говорите, что связь пространства и времени была давно известна и доказана раньше. Где установлена связь пространства и времени? Я не знаю этого. Пожалуйста, Вы укажите, в какой формуле установлена эта связь, где было сказано, что пространственные координаты и время преобразуются одновременно? Я не беру истории, где были только попытки это вывести. Это установлено только в теории относительности, и Вы не порочьте её».

3. «Вы говорите, что связь пространства и времени в теории относительности представляет собой полное отречение от материализма вообще». (...) «Непонятно, почему отречение от материализма? Если она даёт верные формулы, подтверждённые экспериментом и практикой, более того, если имеется видимый макроскопический эффект, который мы впервые можем наблюдать не косвенным путем, как же можно говорить, что теория относительности – полное отречение от материализма вообще?»

4. «Что Эйнштейн – идеалист – это факт, но мне кажется, у Вас имеет место недоразумение. Мне кажется, у Вас спутаны понятия объективности и инвариантности. В теории относительности существуют компоненты скорости и инвариантные характеристики вещества, такие как энергия, масса, импульс и т.д. Эти характеристики не инвариантные, они меняются в зависимости от выбора системы отсчёта. Но существуют инвариантные величины. Вы критикуете инвариантность величин во многих пунктах, но это не значит, что они необъективны. У Вас здесь недоразумение».

Далее Д.Д. Иваненко призвал расширить область дискуссии, включив в неё проблематику релятивистской квантовой теории, общей теории относительности и тяготения и коснуться «попыток построения космологии, где Эйнштейн показал себя идеалистом вовсю». (...) «Надо душить идеализм на корню с помощью всей нашей науки, стоящей на методологическом материалистическом базисе». (...)

В заключение выступления он сказал: «Я считаю, что эта дискуссия полезна. Основной её смысл – расчистить почву для построения физики сегодняшнего и завтрашнего дня. Не бойтесь расчищать тыл, и надо его расчищать без лозунга опрокидывания науки. В том, что Эйнштейн идеалист, нет “открытия Америки”. Сам Эйнштейн говорит, что он сторонник Маха и Канта. А в отношении Пуанкаре – его хотят выбросить из теории относительности. Давайте вести спор об Эйнштейне, но спор исторический. Если же разбирать специальную теорию относительности, то не под лозунгом “Назад к Лоренцу”, так как у него не все было сделано до конца».

Затем Иваненко ответил на вопросы:

Вопрос: Считаете ли Вы актуальным разоблачение реакционных теоретиков?

Д.Д. Иваненко: То, что Мандельштам – проповедник идей Маха, – это так, но с тем, что у него всё реакционное, я не могу согласиться. Возможно, у него есть идеалистические положения, но не надо смешивать идеалистические привески и теорию относительности. Несомненно, это надо отсечь. Иначе мы советскую физику обречём на нелепые тыловые споры, и будет 10% победы над идеалистами, а 90% потерь. Это актуально, но не столь актуально, как другие вопросы.

Вопрос: Вы заявляете, что положения специальной теории относительности подтверждаются?

Д.Д. Иваненко: Я бы попросил товарища, который написал эту записку, сказать, где и как они не подтверждаются? А подтверждаются они в случаях, которые были указаны. Наиболее убедительный пример – это ускорители, которые работают на основе теории относительности, затем в области атомной физики, ядерных реакций и т.д. Это всё известно. А где они не подтверждаются? Пожалуйста, подумайте и скажите, где они не подтверждаются.

Вопрос: Как Вы относитесь к теории Эддингтона?

Д.Д. Иваненко: В его книге [4], я её также редактировал, имеется много ценного. До самого последнего времени на неё приходится ссылаться. На сегодня Эддингтон – идеалист, а его книга немного устарела. Там, например, есть только предварительные сведения по космологии, а критики нет. Книга, хотя и с небольшими изъянами, но написана сдержанно. Эта книга математическая. Эддингтон написал её сдержанно, корректно.

Слова Д.Д. Иваненко в защиту теории относительности не утратили своей актуальности. С большинством его высказываний по существу обсуждаемого вопроса автор согласен, за исключением его слов о борьбе с идеализмом и махизмом, которые следует рассматривать как дань господствующей идеологии.

Профессор Д.Д. Иваненко принадлежал к числу наиболее эрудированных учёных, разбиравшихся в сути глобальных проблем теоретической физики. Его нельзя отнести к приверженцам именно геометрического миропонимания, но он знал цену исследований в фундаментальной теоретической физике в рамках как геометрической, так и других метафизических парадигм. На его семинарах по теоретической физике в МГУ заслушивались и обсуждались доклады представителей самых различных школ и направлений. Он готов был поддержать реальный прогресс в русле любой из парадигм. В конце 50-х – начале 60-х годов он остро почувствовал необходимость возрождения отечественных исследований в области общей теории относительности и смежных с ней

разделов физики. Заслуга созыва 1-й Советской гравитационной конференции (1961), а затем создания секции гравитации НТС Минвуза СССР также принадлежит ему. В 60-х годах его роль в области теории гравитации была настолько значимой, что само понятие «гравитация», казалось, неразрывно связано с его именем. Однако в начале 70-х годов по ряду субъективных причин произошёл конфликт Д.Д. Иваненко с подавляющим большинством отечественных физиков-гравитационистов, и руководство назначило председателем секции гравитации его ученика – профессора А.А. Соколова.

ПОЗИЦИЯ И.П. БАЗАРОВА

Интересна точка зрения, прозвучавшая в выступлении доцента физического факультета МГУ Ивана Павловича Базарова:

«В докладе тов. Фаталиева сделан совершенно правильный подход к анализу основных положений и выводов теории относительности. В докладе указывалось, что в учении диалектического материализма содержатся два момента в понимании относительности: свойства пространства и времени проявляются в отношениях тел и то, что мы в силу условий измерения узнаём эти свойства относительно. В докладе была снижена роль этих моментов, когда утверждалось, что диалектический материализм кладёт в основу пространство и время. Диалектический метод рассматривает природу как связанное целое, явления зависят друг от друга. Следовательно, ни одно явление или свойство тела не может проявиться без отношения этого тела к другому телу. Свойства тела раскрываются только через взаимодействие. Это значит, что свойства тела могут выявиться только через соотношения.

Это приводит к тому, что такие свойства материи как пространство и время могут выявиться только в отношениях, и в зависимости от этих отношений эти свойства являются разными. Идеалисты, в том числе и Эйнштейн, отрицают объективность пространства и времени. Эйнштейн говорит, что пространство – это “темное” слово. Идеалисты считают, что эти свойства создаются. Это субъективный взгляд, ложный и идеалистический. Маркс говорил, что свойства тела проявляются в отношениях. Правильным, единственно правильным представлением о пространстве и времени является представление диалектического материализма, что они являются объективными формами существования материи и коренным её свойством, проявляющимся в отношениях, только в отношениях.

Когда мы изучаем пространство и время данного тела в отношении покоящегося около него тела, то изучаем одни соотношения. Когда изучаем соотношение данного тела с телом движущимся, то получаем другое представление о пространстве и времени, как проявление того же

самого свойства в другом отношении. Такие свойства пространства и времени соответствуют диалектическому материализму». (...)

«Мировоззрение Эйнштейна махистское, и поэтому выводы им сделаны неправильные, являются ошибочными». (...) «Я полностью присоединяюсь к критике идеалистического понимания пространства и времени и считаю необходимым оградить теорию относительности от такого понимания. Я бы хотел сказать по поводу выступления товарища Иваненко. Это выступление неправильно в одном отношении. Когда Дмитрий Дмитриевич говорил, что борьба с идеализмом неактуальна – это не так. Я считаю, что такое заявление является ошибочным и думаю, что оно не продумано, и при обдумывании Дмитрий Дмитриевич откажется от такого заявления».



Иван Павлович Базаров
(1980-е годы)

Позиция И.П. Базарова должна быть отнесена к третьей из названных выше дуалистических метафизических парадигм – к реляционному миропониманию. В связи с этим следует напомнить, что реляционное миропонимание восходит именно к трудам Г. Лейбница и Э. Маха, от которого Иван Павлович пытался дистанцироваться. Уместно напомнить, что Э. Мах в своих трудах постоянно подчеркивал реляционный, т.е. относительный характер категорий пространства и времени. В своей книге «Познание и заблуждение» [5] он писал: «Время и пространство существуют в определённых отношениях физических объектов, и эти отношения не только вносятся нами, а существуют в связи и во взаимной зависимости явлений» (...) «Мы можем сказать, что во временной зависимости выражаются простейшие непосредственные физические отношения». (...) «В пространственных отношениях находит своё выражение посредственная физическая зависимость» [5. С. 437–438]. Подчеркнём: понятие «отношения» Э. Мах ставит в центр своих рассуждений.

В связи с этим следует затронуть более широкий вопрос о соотношении материализма и реляционного взгляда на простран-

во–время. Так, в одном из наиболее серьёзных учебных пособий по диалектическому материализму [6] в разделе, написанном Л.Б. Баженовым, говорится: «Исторически сложилось два подхода к пространству и времени. Первый может быть назван субстанциальной концепцией. Пространство и время понимаются здесь как нечто самостоятельно существующее наряду с материей, как её пустые вместилища». (...) «С точки зрения реляционной концепции пространство и время не особые субстанциальные сущности, а формы существования материальных объектов. Пространство выражает сосуществование объектов, а время – последовательность их состояний. Реляционная концепция в философском плане была воспринята и развита диалектическим материализмом, в естественнонаучном плане – релятивистской физикой и в настоящее время наиболее полно отвечает уровню развития естествознания» [6. С. 139]. Далее почти слово в слово излагаются соображения, содержащиеся в трудах Э. Маха, и делается вывод: «Субстанциальная и реляционная концепции не связаны однозначно с материализмом и идеализмом. Здесь возможны любые сочетания». На базе этих соображений возникает ряд принципиальных вопросов о соотношении диалектического материализма как философского учения и реляционной метафизической парадигмы в физике.

Невольно возникает мысль, что некоторые физики, клеймившие Маха за идеализм, знакомились с его трудами лишь по книге В.И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм», которая была написана с целью политической дискредитации А.А. Богданова, В.А. Базарова, П.С. Юшкевича и других, опиравшихся на работы Э. Маха. Сейчас уже можно сказать, что, не являясь специалистом в области естествознания, В.И. Ленин не понял сути идей, отстаиваемых Махом. А следовательно, он не мог оценить его роль в процессе перехода физики от ньютоновой триалистической парадигмы к дуалистическим парадигмам, ныне представленным общей теорией относительности и квантовой теорией.

ПОЗИЦИЯ ПАРТОРГА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА

Выступали и другие сотрудники физического факультета, подчеркивая важность идеологической составляющей в деятельности учёных. Чтобы представить атмосферу семинара, приведу лишь заключительную часть выступления секретаря парткома физического факультета МГУ Шушпанова:

«Я могу зачитать те выводы, к которым я пришёл на основании анализа теории относительности и внимательного прочтения того, что сказал В.И. Ленин по поводу теории относительности. Я пришёл к следующим выводам:

1. Эйнштейновская «философия науки» представляет собой столбовую дорогу от Маха к епископу Беркли с длительной остановкой около Шопенгауэра. Ленинская критика идеалиста А. Пуанкаре целиком и полностью применима к Эйнштейну.

2. Теория относительности Эйнштейна есть ни что иное как наукообразная попытка обоснования воображаемых преимуществ современного «физического» идеализма перед действительными преимуществами диалектического материализма.

3. Эта попытка по необходимости проходит под флагом теснейшего союза буржуазной науки с религией, так как все старые богословские доводы разбиты Лениным, и поэтому для борьбы с побеждающим материализмом нужны новейшие, более тонкие способы одурачивания масс, и среди них наиболее верный «научно-релятивистский» способ доказательства бытия божия с помощью математических уравнений.

4. Синтез буржуазной науки с религией глубже и полнее всего осуществлённый в теории относительности, знаменует собой крах буржуазного теоретического мышления, подготовленный всем историческим ходом развития классового общества, начиная с эпохи буржуазного Возрождения и кончая эпохой империалистического Разложения.

5. С исторической стороны современный синтез религии с буржуазной наукой есть необходимый диалектический этап, символизирующий собой возврат к средневековой схоластике на последней стадии развития буржуазного общества. Поэтому релятивистское отождествление Коперника с Птолемеем, труменовские «костры инквизиции» в Нагасаки, Хиросиме, Пхеньяне и в других городах, бактериологические и химические способы уничтожения беззащитного мирного населения — всё это и многое другое свидетельствует о том, что научное мышление империалистического общества действительно деградировало до уровня средневековья. Прогнившему экономическому базису соответствуют прогнившие надстройки.

6. Релятивистская теория пространства и времени, представляющая собой фундамент теории относительности Эйнштейна, является ничем иным как опосредствованным отображением психологии империалистического общества в области теоретического мышления буржуазных учёных. Поэтому она служит философским обоснованием для всех стратегов «блицкрига» и всех любителей поисков недостающего «жизненного пространства». И вообще для всех тоталитарных политиков геббельсовско-гессиионистского типа «космическая религия» Эйнштейна есть прежде всего и раньше всего космополитическая религия, что бесспорно имеет под собой веские основания.

7. «Космическая религия» Эйнштейна с её «верой в рациональность природы», «верой в существование элементарных законов изумительной красоты и простоты», «верой в исключительно творческие принципы математики», «верой в то, что чистая мысль способна усвоить истину,

как об этом мечтали Платон и древнегреческий релятивист Протагор”, представляет собой философский фундамент для “обоснования” существования различных “генов”.

8. В применении к области физики таким “геном” является, например, эйнштейновский “принцип относительности”, в применении к области биологии этими “генами” являются всем известные “гены” морганистов-вейсманистов, в применении к области социологии этими “генами” являются так называемые “средние экономические люди”, живущие ради своей выгоды, т.е. “средние американцы”. Полученные на основе этой “философии науки” так называемые “законы цен” для воображаемого общества, состоящего исключительно из “средних экономических людей”, подводят философский фундамент под план Маршалла и Северо-Атлантический агрессивный пакт, поскольку главная задача этих американских инструментов как раз и состоит в том, чтобы превратить всё человечество в “средних экономических людей”. Ясно, что не от хорошей жизни начинают применять в США эйнштейновскую “философию науки” в области экономики.

9. Со стороны своего философского содержания теория относительности Эйнштейна есть не что иное как молодой релятивистский шакал субъективного идеализма, гложущий старые метафизические кости ньютоновской механики. Поэтому декларативные выпады “творчески-активных” физиков против “отечественных философов-марксистов” следует рассматривать как чисто американский прием борьбы против материализма.

10. Теория относительности пошла по шопенгауэровской дорожке, т.е. по кратчайшему пути от Маха к Беркли, главным образом потому, что у Эйнштейна оказалась чрезвычайно большая “экономия мысли”, но не оказалось никаких проблесков диалектической мысли, причём всё это случилось в тот решающий момент, когда выросшее естествознание лицом к лицу столкнулось с диалектикой материи, пространства и времени.

11. Главным препятствием для внедрения “космической религии” Эйнштейна в материалистические умы учёных XX века является диалектический материализм и особенно закон борьбы противоположностей – этот острейший ленинский меч, изрубивший эмпириокритицизм, энергетизм, символизм и другие идеалистические течения начала XX века на отдельные кровотокающие куски.

12. Поэтому основная задача всех берклианских “друзей мира” и религии, всех именитых адептов махистского релятивизма, всех “творчески-активных” физиков, и особенно наших отечественных, должна состоять в разработке новейших способов и методов “исключения” противоречий, где бы они ни появлялись и как бы они ни проявлялись. Новейшие помпадуры борьбы против борьбы противоположностей в своей “творчески активной” деятельности должны учитывать не только “доселе неведомый” опыт Е. Дюринга, но и “гармонизированный опыт” Богданова, а также – и это особенно важно – правобухаринский “опыт вращающегося кулака в социализм”. Синтез вместо борьбы во всех направлениях идеологического, политического и научного фронта –

такова генеральная линия наступления современного воинствующего релятивизма и космополитизма на грозную крепость передовой современной науки – диалектический материализм».

Парторг был не одинок. С критикой теории относительности выступил также профессор А.К. Тимирязев, сославшийся на своё выступление 4 июня 1924 г. в Коммунистической академии: «Я выступал с докладом на тему “Принцип относительности Эйнштейна и махизм”, причём в качестве оппонентов у меня были Богданов, Базаров и Юшкевич, – как раз те самые, против которых выступал Ленин. Вот, товарищи, как обстоит дело!» В конце своего довольно короткого выступления он критиковал статью И.М. Франка о философии Эйнштейна, опубликованную в специальном номере журнала, посвящённом 70-летию со дня рождения Эйнштейна, заявив: «Франк – это известный махист».

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ ЗАСЕДАНИЯ

В заключение слово было предоставлено основному докладчику Х.М. Фаталиеву, который был солидарен с позицией, сформулированной парторгом факультета. В частности, он сказал: «Я думаю, что обвинения Д.Д. Иваненко не обоснованны. Он утверждал, что я зову назад к Лоренцу. Я назад к нему не зову, а в меру своих сил зову вперед – к Марксу, Энгельсу, Ленину, Сталину. Если же говорить, что имеется позади диалектического материализма, то, думаю, что назад к Лоренцу пойти лучше, чем пойти к Юму и Беркли, что делает Эйнштейн. Я думаю, что Эйнштейн идёт не вперед от Лоренца к Марксу и Энгельсу, а назад – к Юму и Беркли». Как указано в стенограмме, выступление Фаталиева было встречено аплодисментами.

В заключительном слове председателя семинара говорилось:

«Товарищи! Прежде чем закрыть сегодняшнюю дискуссию, разрешите мне сказать несколько слов и сделать общие замечания по прошедшей дискуссии. Одним из основных, краеугольных камней марксистской теории познания является то, что критерием истинности теории является практика и эксперимент. Поскольку ряд положений, вытекающих из теории относительности, подтверждается практикой, экспериментом, мы можем сказать, что в этой теории в известной степени отражается объективная действительность. Но это отражение не является совершенно полным. Теория относительности развивается и совершенствуется. Кроме того, в теории относительности есть много идеалистического хлама и извращений, которые были внесены туда Эйнштейном, Минковским и рядом других учёных, стоявших и стоящих сейчас на позициях Маха. Дискуссия выявила, что в докладе товарища Фаталиева, в основном, правильно критикуются идеалистические извращения,

имеющие место в теории относительности, в учении Эйнштейна о движении, пространстве и времени. Дискуссия показала, что необходима, — как это было правильно указано в докладе, — серьёзная работа и перестройка существующей теории на марксистско-ленинской основе с тем, чтобы это была действительно полноценная теория. Иначе, без этой перестройки, дальнейшего развитие её затруднено. И именно необходимостью развития теории и вызывается одно из требований, связанных с этим.

Вместе с тем дискуссия показала необходимость дальнейшего обсуждения ряда вопросов, связанных с теорией относительности. Дискуссия показала, что обсуждение, которое здесь имело место, не в полной мере осветило всю ту сумму проблем, которые имеют отношение к данному вопросу. В частности, требуется продолжить дискуссию по вопросам дальнейшего развития общей теории относительности, по связи теории относительности с космологическими проблемами. Недостаточным был критический анализ общей теории относительности; недостаточно ещё рассмотрен вопрос о связи между махистскими взглядами Эйнштейна и теми физическими и математическими соотношениями, которые сейчас широко распространены. Нужно обсуждать, в какой степени требуется, может быть, доработать или развить существующую математическую и физическую основу теории относительности.

Необходимо сказать, что нет никакого сомнения, что та дискуссия, которая прошла сейчас на нашем заседании, является лишь одним из этапов широкого обсуждения вопросов, связанных с теорией относительности, которое развернулось в нашей стране, и что это обсуждение будет плодотворным, способствующим дальнейшему развитию нашей науки. Я думаю, что положительным результатом сегодняшней нашей дискуссии является то обстоятельство, что наши учёные и ряд товарищей, которые здесь обменялись мнениями, высказали ряд очень ценных замечаний. Я думаю, большинство, а может быть и все они уяснили, что в теории относительности, в тех положениях, которые развиваются Эйнштейном, есть целый ряд реакционных моментов, требующих решительного отбрасывания».

На этом заседание закончилось. Вместо комментария хотелось бы привести отрывок из поэмы «Евгений Стромынкин», характеризующий отношение некоторой части студенчества к заседаниям методологического семинара того времени:

Мы отвлеклись в своей прогулке,
А в это время семинар
Не клал на свой язык охулки,
Грозь махизма семенам,
Идеализма пни корчуча...
А, впрочем, хватит! Не хочу я
Касаться липких этих тем...
Скажу лишь вот что: тьму проблем
Гоняли в жарких словопреньях:

Что глуп Эйнштейн, что сволочь Бор,
Что физик – не макроприбор,
А социальное явление;
И, осветив, пошли домой.
А тьма так и осталась тьмой!²

ЭПИЛОГ

Через год скончался И.В. Сталин. Начавшиеся в стране перемены затронули и физический факультет МГУ, где сменилось руководство, а к чтению лекций были привлечены новые силы. Но на занятиях по общественно-политическим дисциплинам в середине и в конце 50-х годов по-прежнему клеймились махизм и идеализм. Обязательным было изучение уже упоминавшейся книги В.И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм», однако на лекциях по физике не было даже намеков на критику Маха или на противопоставление буржуазной и материалистической науки. В 1957–1959 гг. практически весь курс теоретической физики от классической механики до квантовой электродинамики студентам нашего курса читал академик Лев Давидович Ландау (1908–1968), атомную физику – академик Лев Андреевич Арцимович (1909–1973), физику элементарных частиц – академик Моисей Александрович Марков (1908–1994), методы математической физики – академики Александр Николаевич Тихонов (1906–1993) и Александр Андреевич Самарский.

Можно сказать, что специальную теорию относительности студенты нашего курса получили из рук Л.Д. Ландау, а общую теорию относительности студентам-теоретикам читал профессор Михаил Фёдорович Широков – тот самый, выступление которого на предшествовавшем заседании методологического семинара упоминалось в стенограмме. Это был учёный, воспитанный на традициях классического геометрического подхода. Ещё в 20-е годы он слушал лекции А.А. Фридмана (1888–1925). Нет сомнений, что его выступление было в защиту идей общей теории относительности. В 50-е годы он много сделал для возрождения в нашей стране исследований в этой области физики,

² Эта поэма распространялась в рукописных вариантах среди студентов физфака и, по словам старожилов, в 50-х годах партком факультета сбился с ног, пытаясь установить её автора. До 80-х годов его имя оставалось неизвестным для большинства моих коллег. Только в середине 80-х годов коллега из Новосибирска Ю.И. Кулаков сообщил имя автора – Герцен Исаевич Копылов, студент физфака, а впоследствии сотрудник ОИЯИ в Дубне. Сравнительно недавно его поэма была опубликована в журнале «Вопросы истории естествознания и техники» [7. С. 96–122].

а после создания секции гравитации был постоянным членом её президиума.

Дмитрий Дмитриевич Иваненко на своих знаменитых семинарах по теоретической физике или по гравитации никогда не высказывал критических замечаний по поводу идей Маха или Эйнштейна. В рабочей обстановке для него не было характерным разделение науки на буржуазную идеалистическую и материалистическую.

Когда в 1979 г. к 100-летию А. Эйнштейна (1879–1955) готовился к изданию юбилейный сборник «Альберт Эйнштейн и теория гравитации» [8], встал вопрос о включении в него отрывков из трудов Э. Маха. В этой связи были опрошены ведущие советские физики-гравитационисты, и ни один из них не возразил против включения в сборник фрагментов из трудов Э. Маха, а профессор А.Н. Матвеев (1922–1994), заведующий отделом физики в издательстве «Мир», где издавался сборник, ознакомившись с подготовленным материалом, даже воскликнул: «Как жаль, что такие идеи были исключены из оборота отечественной мысли!»

ЛИТЕРАТУРА

1. *Владимиров Ю.С.* Метафизика. М.: БИНОМ (Лаборатория знаний), 2002, 536 с.
2. *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюция физики. М.: Гостехтеоретиздат, 1948, 268 с.
3. *Владимиров Ю.С.* Геометрофизика. М.: БИНОМ (Лаборатория знаний), 2005, 600 с.
4. *Эддингтон А.* Теория относительности. Л.; М.: ГТГИ, 1934, 508 с.
5. *Мах Э.* Познание и заблуждение. М.: БИНОМ (Лаборатория знаний), 2003, 456 с.
6. *Философия естествознания.* М.: Политиздат, 1966, 414 с.
7. *Копылов Г.И.* Евгений Строммынкин // *Вопр. истории естествознания и техники.* М.: Наука, 1998. Вып. 2. С. 96–122.
8. *Альберт Эйнштейн и теория гравитации.* М.: Мир, 1979, 592 с.

Ю.А. ЛЮБИМОВ

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА ГЕЛЬМГОЛЬЦА

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА XIX ВЕКА

К 1870 г. в европейской физике накопилось довольно много электродинамических теорий, основанных на концепции дальнего действия. Они были построены выдающимися учёными того времени: Ф. и К. Нейманами, Ампером, Больцманом, Вебером, Кирхгофом, Клаузиусом и др. Однако сама множественность этих теорий свидетельствовала о неблагополучии, особенно при рассмотрении *незамкнутых* проводников с током. Это дало основание Гельмгольцу заявить, что «В ту пору область электродинамики представляла собой хаотическое царство, в котором трудно было разобраться» [1. С. 28].

К тому времени Максвеллу удалось заложить основы электромагнетизма, базирующиеся, как известно, на понятии поля и опытных данных Фарадея (и других физиков). Тем не менее представления великого британского физика не имели заметного распространения на континенте Европы. Это было обусловлено новизной и необычностью взглядов Максвелла.

Разумеется, сложившаяся ситуация побудила Гельмгольца, одного из признанных лидеров европейской науки, предложить единую теорию, объединяющую наиболее фундаментальные представления в области электродинамики; это относится прежде всего к концепциям Неймана, Вебера и Максвелла.

Другой побудительной причиной обращения Гельмгольца к электродинамической проблеме было его категорическое несогласие с теорией Вебера.

ПОПЫТКА СИНТЕЗА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ТЕОРИЙ

Сейчас, однако, наш интерес обращён к Гельмгольцу и к его попытке построения «универсальной электродинамической теории». В курсах по истории физики [2–4] можно встретить формулу Гельмгольца для потенциала взаимодействия двух контуров с токами P , которая соответствует подходам Неймана, Вебера или Максвелла, если принять соответственно $k = 1; -1; 0$:

$$P = -\frac{1}{4} \frac{ij}{r} \{ (1+k) \cos(ds, d\sigma) + (1-k) \cos(r, ds) \cos(r, d\sigma) \}. \quad (1)$$

Ток i соответствует элементу контура ds , j – элементу второго контура с током $d\sigma$; токи имеют положительное направление, когда положительное электричество движется в направлении возрастания s или σ ; r – расстояние между ds и $d\sigma$; угол между упомянутыми элементами токов – $(ds, d\sigma)$, а (r, ds) , $(r, d\sigma)$ – углы между r и ds и, соответственно, между r и $d\sigma$. При этом считается, что взаимодействие незамкнутых токов не зависит от какой-либо другой функции расстояния, чем для замкнутых токов.

Формула (1) впервые приводится Гельмгольцем (без обоснования) в его краткой статье 1870 г. [5]. Вслед за ней последовала целая серия весьма объёмистых публикаций общим числом около десяти. Во второй статье [6] даётся достаточно подробный разбор не только выражения для потенциала, но и всей электродинамической проблемы. Ввиду важности данной работы остановимся на ней несколько подробнее.

В данной статье Гельмгольц подробно рассматривает ситуацию, сложившуюся в электродинамике, повторяя свои утверждения о различных значениях некоего параметра k у разных авторов (см. формулу (1)). При этом значительная часть работы посвящена критике теории Вебера и невозможности для k быть отрицательной величиной. Гельмгольц считает [5. С. 533], что «...обнаруживаемая недостаточность закона Вебера глубоко содержится в его природе». В то же время Гельмгольц отмечает, что для достаточно тонких проводов, по Кирхгофу, влияние параметра k становится несущественным.

Физическое значение параметра k состоит (в представлении европейских физиков) в том, что он входит множителем в величины продольной и поперечной скоростей распространения электрических волн. В результате, учитывая поляризуемость среды, в которой распространяются волны, по Гельмгольцу получается, что при бесконечно большой поляризуемости среды

скорость поперечных волн (как и у Максвелла) оказывается равной скорости света; если же эта поляризуемость равна нулю, то скорость этих волн будет бесконечной. При $k = 0$ скорость продольных волн становится бесконечно большой.

Рассматриваемая статья оказывается наиболее существенной и обширной в «электродинамическом цикле». Здесь Гельмгольц выводит соотношение (1). Его анализ основывается на двух положениях. Во-первых, при построении теории следует оставаться на базе существующих фактов и не пользоваться теми, которые не определены теорией. Во-вторых, надо надеяться, что такая теория должна была бы определять, для каких классов электрических исследований можно ожидать тех явлений, для которых имел бы место истинный закон дальнего действия двух элементов тока. Кроме того, остаются неясности в отношении описания взаимодействия контуров с незамкнутыми токами; на них нельзя распространить концепцию Ампера.

Подход Гельмгольца основан на теории Ф. Неймана для потенциала взаимодействия двух элементов тока в рамках линейного приближения (говоря современным языком). Статья [6] состоит из 8 параграфов.

К до сих пор не определяемой постоянной k нашего рассмотрения добавляется, следовательно, ещё одна, а именно, также до сих пор не известная диэлектрическая постоянная воздуха или же скорость распространения поперечных волн в воздухе.

В параграфе 1 рассматривается общий вид закона индукции по Ф. Нейману. Гельмгольц вводит особую функцию F , с помощью которой он описывает взаимодействие двух контуров с токами. При этом получается обобщённый вид выражения Неймана для потенциала взаимодействия двух элементов тока, один из которых замкнут, а в отношении другого не делается никаких предположений в этом отношении.

Далее Гельмгольц вводит два предположения в отношении функции F . Во-первых, он полагает, что она прямо пропорциональна совокупным действиям токов i и j . Во-вторых, предполагается, что зависимость от расстояния r (между контурами) является той же, что и во всех других электрических действиях на расстоянии; тогда потенциал пропорционален $1/r$, а сила пропорциональна $1/r^2$. Гельмгольц отмечает, что упомянутое предположение о пропорциональности F i и j заведомо справедливо при малых силах тока. Обе приведённые гипотезы можно представить

в виде $\frac{d^2 F}{ds d\sigma} = Bij \frac{d^2 r}{ds d\sigma}$, где B – некоторая постоянная; а s и

σ – элементы контуров токов.

Указывается, что данные предположения согласуются с гипотезой Вебера, согласно которой дальноедействие зависит не только от силы тока, но и от произведения силы тока на плотность свободного электричества. Правда, такая точка зрения не подтверждается никакими исследованиями. В случаях, которые будут рассмотрены, плотность электричества внутри проводника при исчезающе малых токах сама всегда будет исчезающе малой величиной того же порядка малости и, следовательно, можно пренебрегать их произведением. Обе возможности могли бы ограничиваться лишь областью применимости наших следствий для более слабых токов, и нет необходимости поднимать вопрос о их справедливости применительно к более сильным токам.

Здесь делается важный шаг: введённую выше постоянную B представим в виде

$$B = \frac{1-k}{2} A^2,$$

где A означает некую новую постоянную. Тогда, как показывает Гельмгольц [6. С. 566–567], потенциал двух элементов тока равен

$$-\frac{1}{2} A^2 \frac{ij}{r} [(1+k) \cos(ds, d\sigma) + (1-k) \cos(r, ds) \cos(r, d\sigma)] ds d\sigma.$$

Во втором параграфе Гельмгольц распространяет своё рассмотрение потенциала взаимодействующих элементов тока на объёмные токи, соответствующие уже не линейным, а массивным проводникам, размеры которых по всем трём координатам сравнимы. При этом подразумевается непрерывность и дифференцируемость функций, соответствующих компонентам потенциала (U, V, W), а также выполнение закона сохранения количества электричества. Разумеется, что величины масс электричества и скорости их движения считаются конечными. Конечными принимаются и все значения расстояний между взаимодействующими телами. В итоге Гельмгольц получает важную формулу для потенциала

$$\nabla F = -k \frac{d\phi}{dt},$$

где ϕ – некая функция.

В третьем параграфе немецкий физик переходит к рассмотрению уравнений движения электричества. Эти уравнения движения включают также удельное сопротивление проводников; в наших обозначениях единица электромагнитного тока Вебера равна $1/A$, а соответствующая единица сопротивления составит A^2 . Затем всё рассматриваемое пространство мысленно разделя-

ется на область, содержащую только проводники, и на область, включающую электрически заряженные изоляторы, а также некие дополнительные электрические силы и, наконец, магниты. Кроме того накладываются граничные условия и условия на бесконечности.

В заключение данного параграфа Гельмгольц проводит некую аналогию с гидродинамикой, показывающую, что система будет устойчивой, если $k \geq 0$.

Четвёртый параграф посвящён анализу однозначности решения и стабильности равновесия. Этот анализ базируется на рассмотрении энергетических условий и использовании закона сохранения энергии, сформулированного Гельмгольцем и широко им используемого. Он показывает, что уравнения движения электричества (и связанные с ними) эквивалентны закону сохранения энергии. Итак, Гельмгольц устанавливает, что «Если, следовательно, $k \geq 0$ и если даны начальные значения потенциала, то уравнения движения полностью определяют движение электричества». Гельмгольц подчеркивает, что «...при отрицательных значениях k равновесие покоящегося электричества в проводящих телах не является устойчивым» [6. С. 583].

Параграф 5 посвящён радиальным электрическим токам в проводящем шаре. На первый взгляд, это несколько искусственная ситуация. Такой объект, на наш взгляд, был выбран Гельмгольцем из-за его дискуссии с Вебером. Поэтому представляется возможным опустить изложение данного параграфа.

В следующем, шестом, параграфе анализируется влияние постоянной k на составляющие потенциала U , V , W , входящие в уравнения движения. Для этого отделяются те части компонент потенциала, которые зависят от k , от k не зависящих. Наиболее существенным оказывается вывод, что \sqrt{k} будет коэффициентом в выражении для скорости распространения электромагнитных волн. Кроме того, может учитываться экспоненциальная зависимость используемых функций от времени; возможный комплексный характер экспоненты позволяет учесть поглощение волн. Наконец подчеркивается, что развиваемые теоретические представления неприменимы для систем в виде конденсаторов, двойных электрических слоёв и т.п.

В седьмом параграфе речь идёт о проводнике в виде бесконечно длинного круглого цилиндра. Мы также опустим изложение этого материала.

Последний восьмой, достаточно обширный параграф, посвящён роли диэлектрической и магнитной поляризации среды. Оказывается, что изоляторы, окружающие проводники с током,

способны влиять на последние. Установлено, что все природные тела подвержены диэлектрической поляризации под действием электрических сил; многие из них являются диамагнетиками и, стало быть, могут испытывать действие магнитного поля. Плотность свободного электричества внутри рассматриваемых тел определяется вышеупомянутой функцией φ . Мы должны учитывать диэлектрическую поляризацию и при определении движения электричества. Далее Гельмгольц представляет общую картину полученных результатов:

1. В диэлектрических средах возможно распространение электрических как поперечных, так и продольных волн.

2. Скорость поперечных волн тем меньше, чем больше диэлектрическая поляризуемость среды. Если последняя равна нулю, то соответствующая скорость будет бесконечной; если поляризуемость очень велика, то скорость поперечных волн, как и у Максвелла, равна скорости света.

3. Скорость продольных волн в воздухе оказывается равной произведению таковой для поперечных волн на коэффициент $1/\sqrt{k}$.

4. Скорость электрических поперечных и продольных волн в средах будет, стало быть, тем меньше, чем выше электрическая и магнитная поляризуемость воздуха. В проводниках электрические волны распространяются с неизбежным ослаблением за счёт поглощения. Для поперечных волн это также соответствует теории Максвелла.

5. Если изолятор, в котором распространяются поперечные электрические волны, способен к намагничиванию, а электрические колебания параллельны плоскости, проходящей через направление распространения, то тогда магнитные продольные колебания в таких средах оказываются имеющими бесконечную скорость распространения.

В итоге оказывается, что примечательная аналогия между движениями электричества в диэлектрике и таковыми светового эфира не зависит от особого вида гипотезы Максвелла, но и сохраняется в весьма сходном виде, если мы будем придерживаться более старого взгляда на электрическое дальное действие.

Итогом этого последнего параграфа является утверждение Гельмгольца, что «...распространение электрических дальних действий с конечными скоростями представляется наиболее вероятным, а именно, если электромагнитные действия распространяются со скоростью, равной скорости света, либо с большей скоростью, тогда как распространение электростатического действия остается зависимым от неизвестной постоянной k » [6. С. 628].

В заключение надо пояснить, что, во-первых, тогдашние физики считали (в большинстве своём), что ток в проводнике реализуется одновременными движениями некоего положительного электричества и отрицательного электричества, но в противоположном направлении.

Во-вторых, Гельмгольц употребляет слова «поляризуемость» и «поляризация» как синонимы, в смысле последнем, т.е. макроскопическом. Также «магнитная поляризация» обозначает просто намагниченность.

Наконец, нет смысла здесь комментировать утверждение Гельмгольца о возможности сверхсветовой скорости распространения электромагнитных волн – в отличие от скорости распространения постоянного электрического поля, которую автор считает зависящей от неизвестного параметра k . Излишне также напоминать, что ввиду полной неразработанности теории поляризации диэлектриков (равно как и теории намагничивания) Гельмгольц мог считать, что поляризация может принимать бесконечно большие или нулевые значения.

ДРУГИЕ РАБОТЫ ГЕЛЬМГОЛЬЦА ПО ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ

Гельмгольц придавал очень большое значение своим работам в области электродинамики. Это видно из числа и общего объёма соответствующих публикаций. Нас, однако, будут интересовать лишь некоторые из них [7–13]. Именно их объём препятствует подробному разбору; к тому же многие части этих статей повторяют, с различными вариациями, друг друга. Поэтому мы попробуем сначала кратко рассмотреть теоретические аспекты этих работ немецкого физика.

Сейчас мы, однако, несколько нарушим хронологическую последовательность изложения. В 1873 г. Гельмгольц опубликовал работу [7], которую он считал непосредственным продолжением статьи [6], что выразилось даже в сквозной нумерации их параграфов. Это же относится и к [8]. Тем не менее подавляющая часть статьи [7] посвящена полемике с Вебером, о чём речь будет впереди; это даёт нам основание воздержаться сейчас от анализа данной работы.

В статье [9] 1872 г. Гельмгольц подчеркивает отличие электродинамических явлений от всех прочих. Он отмечает, что электродинамические явления «...образуют класс действий на расстоянии, вызываемых лишь состоянием движения действующего агента, электричества, состояние движения, которое как таковое познается посредством целого ряда явлений: посредством выде-

ления тепла в проводниках тока, химического разложения в жидких проводниках и т.д.» [9. С. 636]. Далее Гельмгольц напоминает о своей работе по введению в закон Неймана неоднократно упоминавшегося параметра k , подчёркивая, что отрицательные значения этой величины приводят к неустойчивому равновесию системы. При этом теория даёт бесконечно большие силы тока и неограниченные значения электрических зарядов.

Напротив, положительные значения k обеспечивают стабильную устойчивость системы; однако для незамкнутых проводников остаётся неясность в отношении теоретического анализа значения k . При этом потенциал взаимодействия перестаёт быть элементарным выражением, а именно (в предположении недеформируемости рассматриваемых элементов с током), появляются по меньшей мере уже две силы, либо одна сила и пара сил. К тому же величина этой силы и отчасти её направление зависят не только от положения элементов, но и от скорости электрического тока. Явления индукции могут быть описаны лишь косвенно посредством закона сохранения энергии из электродинамического потенциала.

Гельмгольц даёт очень высокую оценку теории Максвелла, несмотря на её достаточно «искусственный» характер. Упрёк в искусственности обусловлен известными модельными представлениями среды по Максвеллу с использованием зубчатых колес, передач, шаров и т.п., которыми английский физик стремился интерпретировать и пояснить свои идеи. Подчёркивается отказ Максвелла от дальнего действия.

Напротив, Вебер придерживается концепции дальнего действия между двумя электрическими точечными массами с учётом относительного движения и относительного ускорения в рамках линейного приближения (см. следующий раздел). Отмечается благосклонное восприятие немецкими физиками этой остроумной и оригинальной теории. Гельмгольц признаёт, что учёт зависимости силы взаимодействия не только от координат, но также от скорости и ускорения, т.е. первой и второй производных координат по времени, соответствует расширенной форме закона сохранения энергии.

Гельмгольц указывает, что «...веберовское расширение закона энергии делает теперь значение потенциальной энергии зависящей не только от положения, но и от скоростей точечных масс» [9. С. 641]. Точно так же потенциальная энергия становится зависимой и от относительных ускорений¹. Мы воздержимся

¹ Справедливости ради заметим, что два последних абзаца были добавлены при переиздании первоначальной публикации [9] в трудах Гельмгольца 1881 г.

сейчас от дальнейшего рассмотрения теории Вебера Гельмгольцем, отложив его до следующего раздела.

Содержание электродинамических работ Гельмгольца требует самостоятельного и детального анализа, далеко выходящего за рамки нашего рассмотрения. Подчеркнём, однако, что одной из главных задач германского физика оставался вопрос о взаимодействии незамкнутых проводников с током. Он указывает на почти полную теоретическую неразработанность этой темы и отсутствие экспериментов в данной области.

В то же время уже в тридцатых годах XIX в. было детально исследовано явление разряда-заряда конденсатора через индуктивность. Очевидно, что эта система формально содержит разрыв проводника с током, приходящийся на зазор между пластинами конденсатора. Тем не менее ток здесь непрерывно циркулирует вплоть до полного разряда конденсатора. Гельмгольц осознаёт эту ситуацию и обосновывает её колебательно-волновым процессом в соответствующей системе.

Гельмгольц попытался провести систематические эксперименты с незамкнутыми контурами с током. Сначала Н.Н. Шиллером в лаборатории Гельмгольца были выполнены опыты в этом направлении, но они не дали однозначного результата. Не намного более результативными были и эксперименты Роуланда [14], также проведённые по предложению Гельмгольца. Как писал один из отечественных историков физики, «опыты Шиллера и Роуланда сузили круг возможных электродинамических теорий. Однако они не решили окончательно вопрос в пользу теории Максвелла. Описывая опыты Роуланда, Гельмгольц констатировал, что они могут быть объяснены как теорией Вебера, так и теорией Максвелла. Кроме того, они объяснялись и теорией самого Гельмгольца, предложенной им в 1870 г., в которой он основывался на понятии элементарного электродинамического потенциала...» [3. С. 111]. Таким образом, вопрос о незамкнутых контурах с током не был решён ни теоретическими, ни экспериментальными исследованиями Гельмгольца и его последователей.

ГЕЛЬМГОЛЬЦ ПРОТИВ ВЕБЕРА

В своё время мы уже подробно проанализировали дискуссию, которую Гельмгольц развернул в 1870 г. против теории Вебера [15]. Тогда, однако, ситуация рассматривалась, если можно так сказать, со стороны Вебера. Сейчас мы предпримем некоторую «инверсию» и посмотрим на этот вопрос «глазами Гельмгольца». Уже отмечалось, что одной из побудительных причин исследова-

ний Гельмгольца по электродинамике (хотя и не первостепенной) была его критика позиций Вебера. В течение 10–12 лет Гельмголец выдвинул ряд серьёзных претензий в адрес своего немецкого коллеги. Отсылая за подробностями к [15], перечислим наиболее существенные критические замечания.

1. Теория Вебера не удовлетворяет закону сохранения энергии: равновесие рассматриваемой системы неустойчиво, и при возникновении движения будет происходить всё возрастающее увеличение силы тока.

2. В концепции Вебера не обеспечивается постоянство суммы потенциальной и кинетической энергий из-за возможности неограниченного роста скоростей частиц рассматриваемой системы. Нельзя согласиться и с существованием предельно возможной скорости электрических зарядов.

3. Из теории Вебера вытекает возможность существования отрицательной массы рассматриваемых частиц.

Надо сказать, что все возражения Гельмгольца были вполне убедительно парированы его оппонентом. Тем не менее исключительно высокий научный авторитет Гельмгольца привёл к тому, что до сих пор встречаются утверждения о справедливости претензий крупнейшего немецкого физика и о существенных дефектах концепции Вебера [2–4]. Повторим, что Вебер не только снял все принципиальные претензии своего оппонента, но и сумел развить свою теорию. При этом он получил ряд результатов, существенно опередивших своё время.

Вебер постулировал существование предельной скорости движения электрических зарядов. Он предсказал возможность существования пар из одинаково заряженных частиц, что впоследствии вошло в физику как «куперовские пары электронов». Вебер выдвинул идею, что всё разнообразие химических элементов в природе объясняется тем, что они построены из различного числа положительно и отрицательно заряженных частиц, дав исторически первое обоснование периодической системы элементов Менделеева. Формулу Вебера можно считать первым релятивистским соотношением [15].

ГЕЛЬМГОЛЬЦ ИЛИ МАКСВЕЛЛ?

Мы просим извинения за столь категорический заголовок: разумеется, научный авторитет и заслуги Гельмгольца бесспорны. Речь идёт лишь о сравнении позиций германского и британского физиков в области электродинамических теорий.

Надо сказать, что при выводе формулы (1) её автор не имел в виду представить концепции Максвелла как частный случай

своей теории. Во всех своих публикациях Гельмгольц подчёркивал оригинальность и ценность работ своего английского коллеги. На наш взгляд, введение параметра k и вывод формулы (1) были продиктованы стремлением к пусть чисто формальной систематизации тогдашних электродинамических теорий. Разумеется, в строгом смысле, выражение для потенциала ещё не может претендовать на ранг теории. С другой стороны, в 1870 г. важность теории Максвелла ещё не была столь очевидной; она ещё только пробивала себе дорогу не только в континентальной Европе, но и в самой Великобритании. По мнению Берксона [16. С. 211], «...без Гельмгольца не произошло бы открытия радиоволн». Тогда мало ещё кто понимал, что концепции Максвелла создают новую парадигму физических представлений, основанную на *понятии поля*. В то же время обращение к статьям Гельмгольца свидетельствует, что к 1881 г. он был уже склонен принять многие существенные взгляды Максвелла. Ещё ранее германский физик детально анализировал реальность и условия существования поперечных и продольных электромагнитных волн и оценивал их скорости. На теорию Гельмгольца опирался Г.А. Лоренц в своей докторской диссертации 1875 г. [16]. К сожалению, тогдашние представления не могли обеспечить реального прогресса (см. выше пассажи относительно нулевых и бесконечно больших значений поляризуемости и проч.).

Пробным камнем, давшим возможность сделать выбор между позициями Гельмгольца и Максвелла, явился вопрос о *токе смещения*, который логически связан с проблемой незамкнутых проводников с током. Как уже отмечалось, исследования европейских физиков в этой области, включая Гельмгольца, зашли в тупик. Максвеллу же удалось разрешить эту дилемму. Успех пришёл не сразу; здесь нельзя забывать роли Герца и Хевисайда. Примечательно, что дискуссии по поводу самого существования тока смещения не утихали довольно долго.

ИТОГИ

В своих электродинамических исследованиях Гельмгольц ставил следующие задачи.

1. Дать единое выражение потенциала взаимодействия двух контуров с электрическими токами применительно к теориям Неймана, Вебера и Максвелла.
2. Проанализировать потенциал взаимодействия незамкнутых контуров с токами.

3. Показать несостоятельность теории Вебера о взаимодействии электрических зарядов, движущихся с произвольными относительными скоростями и относительными ускорениями.

Следует признать, что эти задачи не получили удовлетворительного решения, за исключением самого факта написания выражения для потенциала взаимодействия. Это было обусловлено ситуацией в физике во второй половине XIX в. Развитие науки вошло в противоречие со сложившимися тогда представлениями, которые к тому же являлись достаточно запутанными и противоречивыми. Выход мог быть найден лишь на принципиально новых позициях, и это было совершено Максвеллом; в дальнейшем развитии новой концепции приняли участие такие выдающиеся исследователи как Герц, Хевисайд, Фитцджеральд и др.

Ещё несколько слов о «дальнодействии» и «близкодействии». До сих пор подчас пользуются такой терминологией, хотя она представляется не вполне корректной. Обычно дальнодействие связывают с «мгновенным» распространением воздействия (сигнала); однако это присуще не всем теориям дальнодействия. Вместо «близкодействия» целесообразнее пользоваться понятием *поля*.

Обратимся в заключение к вопросу о продольных и поперечных электромагнитных волнах. Эта проблема волновала физиков в течение XVII–XIX вв. Нередко, чтобы объяснить отсутствие в экспериментах продольных волн, принимали их скорость бесконечно большой либо вводили некое поглощение (Коши, Грин и др.). Вопрос стал ещё более актуальным, когда было установлено, что свет представляет собой поперечные электромагнитные волны. В то же время современная электродинамика дала вполне строгое решение рассматриваемой проблемы. Суть дела сводится к тому, что в действительности электрический вибратор (осциллятор) генерирует как поперечные, так и продольные волны; однако напряжённость последних (как E -, так и H -компонент) *гораздо быстрее* уменьшается с расстоянием, нежели напряжённость поперечных волн. Действительно [17. С. 109],

$$E_R = 2 \left(\frac{[p]}{R^3} + \frac{[dp/dt]}{cR^2} \right) \cos \Theta$$

и

$$E_\Theta = \left(\frac{[p]}{R^3} + \frac{[dp/dt]}{cR^2} + \frac{[d^2p/dt^2]}{c^2R} \right) \sin \Theta.$$

Здесь E_R – электрический вектор продольной волны, E_Θ – поперечной (в сферической системе координат), p – дипольный момент осциллятора, c – скорость света. В волновой (радиационной) зоне можно пренебречь всеми членами, кроме членов первого порядка относительно $1/R$. Стало быть,

$$E_R \approx 0 \text{ и } E_\Theta \approx \frac{[d^2 p / dt^2]}{c^2 R} \sin \Theta.$$

В оптической области спектра волновая зона начинается практически непосредственно вблизи излучателя, так что экспериментатор может наблюдать только *поперечные электромагнитные волны*.

Как-то Л.Д. Ландау посетовал, что он родился слишком поздно: когда он пришёл в науку, уже были созданы основы квантовой механики. Вероятно, Гельмгольц мог бы пожаловаться на обратное: он появился на свет несколько рано... Действительно, Гельмгольц старше Максвелла на 10 лет; казалось бы, особенно в XIX в., это не столь уж большое различие. Однако его хватило на то, чтобы британский физик пришёл «как раз вовремя», когда ожидание принципиальных перемен уже «висело в воздухе».

ЛИТЕРАТУРА

1. Гельмгольц Г. Жизнь и труды Генриха Герца // Вестн. опыт. физики. 1906. № 410. С. 28.
2. Розенбергер Ф. История физики. Ч. 3, вып. 2. М.; Л.: ОНТИ, 1936.
3. Спасский Б.И. История физики. Ч. 2. М.: Изд-во МГУ, 1964.
4. Уиттекер Э. История теории эфира и электричества. Классические теории. М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2001.
5. Helmholtz G. Ueber die Gesetze der unconstanten electrischen Strome in korperlich ausdehenden Leitern // Wiss. Abh. 1881. Bd. 1. S. 537–544.
6. Helmholtz G. Ueber die Theorie der Elektrodynamik. Erste Abhandlung // Ibid. S. 545–628.
7. Helmholtz G. Ueber die Theorie der Elektrodynamik. Zweite Abhandlung // Ibid. S. 647–687.
8. Helmholtz G. Ueber die Theorie der Elektrodynamik. Dritte Abhandlung // Ibid. S. 702–762.
9. Helmholtz G. Ueber die Theorie der Elektrodynamik // Ibid. S. 636–646.
10. Helmholtz G. Kritisches zur Electroodynamik // Ibid. S. 763–773.
11. Helmholtz G. Vergleich des Amperschen und Neumannschen Gesetzes fur die elektrodynamischen Krafte // Ibid. S. 688–701.
12. Helmholtz G. Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrodynamischen Wirkungen // Ibid. S. 629–635.

13. *Helmholtz G.* Versuche ueber die im ungeschlossenen Kreise durch Bewegung inducirten elektromotorischen Krafte // *Ibid.* S. 774–790.
14. *Royland H.A.* Bericht betreffend Versuche ueber die elektromagnetische Wirkung elektrischer Convection // *Ibid.* S. 791–797.
15. *Любимов Ю.А.* Электродинамическая формула В.Вебера (зарница релятивизма?) // *Исследования по истории физики и механики*, 2000. М.: Наука, 2001. С. 142–161.
16. *Berkson W.* Fields of force. The development of a world view from Faraday to Einstein. L.: Routledge and Kegan Paul, 1930. 370 p.
17. *Борн М., Вольф Э.* Основы оптики. М.: Наука, 1970. 856 с.

ИСТОРИЯ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

История ничему не учит, а только
Наказывает за незнание уроков.

В. Ключевский

Лучшее, что даёт нам история, –
Это возбуждаемый ею энтузиазм.

И.В. Гёте

Возросший интерес к прошлому отечественной электроники, обусловленный прежде всего её бедственным нынешним положением, проявился почти исключительно в увеличении количества мемуаров. Обобщающие исторические исследования практически отсутствуют, хотя их необходимость несомненна. Электроника как структура эклектична, поэтому для исследования нами избран один из её разделов – оптоэлектроника, достаточно адекватно характеризующий целое и высокие технологии (*high-tech*) вообще.

Стремление дать в небольшой статье общую характеристику предмета исключает возможность не только детального анализа историографии, источниковой базы, методологических аспектов, но и сколько-нибудь полного цитирования первоисточников; неизбежны декларативность и тезисность представления материала; некоторые утверждения носят постановочный характер.

I. *Оптоэлектроника* является частью *информационно-телекоммуникационной технологии*, в рамках которой для целей информатики используются электрические и оптические сигналы в неразрывной совместности, при этом в одних *оптоэлектронных приборах* происходит преобразование электричества в свет, в других – света в электричество.

Термины «оптоэлектронный прибор», «оптоэлектроника» зародились ещё в середине 1950-х годов и наполнились современным содержанием к концу 1970-х. На разных стадиях своей истории оптоэлектроника воспринималась как фотоэлектроника, как лазерная техника, как некое объединение оптики с электроникой. Лишь постепенно пришло понимание того, что оптоэлектроника – это *целостная структура* с детерминированными функциональными зависимостями и отношениями между отдельными структурными элементами и с чётко выраженным внутрен-

ним единством. Это единство подтверждается общим физическим базисом, основанным на обратимости квантовых процессов при генерации фотонов и при их поглощении с выделением электронов, подчёркивается функциональным назначением оптоэлектроники как средства информатики, а также её опорой на принципы интегральной технологии.

Выделение из электроники именно оптоэлектроники как объекта исторического исследования оправданно и особенно продуктивно по следующим причинам. Оптоэлектроника имеет наиболее *широкий научный базис* (в сравнении, например, с магнитоэлектроникой, техникой интегральных схем, акустоэлектроникой), причём оптика, как часть этого базиса, относится к древнейшим и важнейшим дисциплинам, которые более всего способствовали философскому осознанию человеком сущности окружающего мира. Оптоэлектронные приборы чаще всего находятся на выходе электронных систем, через дисплеи происходит *распредмечивание виртуального мира* информатики. Из всего технического многообразия оптоэлектроника наиболее приближена к человеку, она всё определённое становится частью *социокультурного пространства*.

Стержневая роль в общей истории науки и техники и общества в целом всё отчетливее переходит к «новой электронике», достаточно напомнить лишь один факт: нерасторжимость постиндустриального общества с информационным. Именно «электронное сознание» должно стать важнейшим предметом истории и философии науки и техники.

2. Методология исследования основывается на традиционных для истории науки и техники положениях [1, 2, 3, 4], проявляющихся в следующих последовательных процедурах.

а. Критический анализ историографии по теме, изучение, осмысление, использование написанного ранее по истории оптоэлектроники.

б. Формирование достаточно представительной источниковой базы [5, 6, 7, 8, 9]. В качестве исторических источников используются: архивные документы; оригинальные статьи, посвящённые тем или иным открытиям; патенты и авторские свидетельства; научно-технические монографии (разделы и ремарки исторического характера); мемуары; интервью, как фрагменты «устной истории» (oral history); вещественные свидетельства.

с. Источниковедческий анализ [10], проведение которого призвано установить историческую истину по используемым источникам. Простейшие ссылки на ту или иную статью, патент очень часто оказываются недостаточными для этого, а то и вооб-

ще некорректными. Более достоверные результаты достигаются, когда используются не один, а группа параллельных источников; проводится их компаративный анализ; учитывается роль человеческого фактора и «социального заказа»; соблюдается принцип историзма в оценке давних событий. Подавляющее большинство мемуаров этим положениям не следует, использование их в качестве исторических источников требует осторожности.

d. Датировка и авторство важнейших событий (открытия, изобретения, разработка, производство) исследуемого исторического процесса. В этой процедуре, которую мы назвали *технологией утверждения нового знания*, значимыми являются (на примере открытия): обнаружение явления, его утверждение как экспериментального факта, исследование, объяснение, построение теории, утверждение истинности («конфирмация»), обнародование, позиционирование в истории (осмысление значимости при временном дистанцировании). Чаще всего дату открытия относят ко времени его обнародования (презентация, статья, патент), но бывают и исключения.

e. Упорядочение, приведение в систему событий, составляющих суть исследуемого исторического процесса. Общепринятым и используемым нами является хронологически-проблемный порядок расположения материала.

f. Периодизация, выделение отдельных этапов исследуемой истории и осмысление их специфического содержания. В исследовании ранней истории электроники естественно выбрать те или иные «внутренние» критерии: в это время она развивается достаточно изолированно, независимо от общества и ничего не давая ему. В зрелой фазе электроника превращается в значимый социокультурный феномен, взаимозависимость в связке «электроника-общество» становится очень сильной, поэтому смена критерия представляется вполне допустимой.

g. Осмысление изучаемого исторического процесса, выявление сущностных характеристик объекта исследования. Применительно к истории оптоэлектроники итогом такого осмысления должно стать выявление особенностей технического сознания общества при вступлении техники в фазу «высокой технологии».

3. Фундаментальные физические открытия, составляющие научный базис оптоэлектроники, представлены в табл. 1 [11]. В неё в хронологическом порядке включены открытия, относящиеся именно к взаимным «превращениям» вида «электрон ↔ фотон».

Приведённые временные интервалы сформированы по начальным датам сгруппированных открытий, дата в скобках – исторически важная.

Таблица 1

№	Годы	Открытие	Авторы
1	1864–1888 (1873)	Электромагнитная природа света: оптический диапазон; связь оптических, диэлектрических и магнитных свойств вещества $n^2 = \epsilon\mu$	Дж.К. Максвелл Г. Герц
2	1851–1888	Фотоэлектрические явления	Г. Герц А.Э. Беккерель Ф. Ленард У. Смит
3	1900	Квантовая гипотеза; энергия кванта $E = h\nu$	М. Планк
4	1905	Квантовая теория фотоэффекта; предсказание светового кванта-фотона	А. Эйнштейн
5	1917	Квантовая теория излучения; предсказание стимулированного излучения	А. Эйнштейн
6	1922	Рассеяние света на электронах (эффект Комптона); импульс фотона $p = h\nu/c$	А. Комптон
7	1886–1962 (1927)	Электролюминесценция: газовый разряд; катодолуминесценция; инжекционная люминесценция; светодиоды	У. Крукс О.В. Лосев Н. Холоньяк
8	1928–1931 (1931)	Квантовомеханическая зонная теория полупроводников	А. Вильсон Ф. Блох
9	1947–1949 (1947)	Транзисторный эффект; инжекция носителей заряда; транзисторы; теория $p-n$ перехода	Дж. Бардин У. Браттейн У. Шокли
10	1950–1968 (1953)	Многокомпонентные полупроводники типа A^3B^5	Г. Велькер Н.А. Горюнова
11	1948–1964 (1948)	Голография	Д. Габор
12	1953–1962 (1960)	Мазерно-лазерный эффект; квантовая электроника; лазеры	Н.Г. Басов А.М. Прохоров Ч. Таунс
13	1961–1964 (1961)	Нелинейная оптика	П. Франкен Р.В. Хохлов Н. Бломберген
14	1963–1970 (1970)	Гетероструктуры; гетеролазер	Ж.И. Алферов Г. Крёмер
15	1962–1980 (1970)	Сверхрешётки, квантоворазмерные эффекты	Л. Эсаки Л.В. Келдыш К. Клитцинг

Систему уравнений Максвелла (табл. 1, п. 1) логично принять за *отправную точку* оптоэлектроники, так как именно она впервые утвердила взаимосвязь электричества, магнетизма и света, единство природы электромагнитных и световых волн; экспериментальное подтверждение теории дал Г. Герц. В оптоэлектронике максвелловские уравнения электродинамики используются крайне редко (лишь в оптоволоконной связи), а её действительной основой является *квантовая теория* (табл. 1, п.п. 3, 4, 6) в приложении к твёрдому телу, в особенности – к полупроводникам. Решающим стало создание *зонной теории*¹ (табл. 1, п. 8), положившее начало научному подходу к полупроводникам².

Первые приборные успехи оптоэлектроники основывались на *фотоэлектрических явлениях* (табл. 1, п. 2), в открытии которых первопроходцами были А.Э. Беккерель (фотовольтаический эффект, 1851), У. Смит (фотопроводимость селена, 1873), Г. Герц (внешний фотоэффект, 1887), а также Ф. Ленард. После открытия *транзисторного эффекта* (табл. 1, п. 9) оптоэлектроника получила в своё распоряжение совершенные полупроводниковые фотоприемники: фотодиоды, фототранзисторы, ПЗС и др.

Более длительный и тернистый путь выпал на долю *светогенерационных явлений* (табл. 1, п. 7). Открытые ещё в XIX в. свечение газоразрядной плазмы и катодолюминесценция (У. Крукс, 1879, 1886) получили важное техническое применение (плазменные экраны, кинескопы), но главной задачи оптоэлектроники – обеспечение информатики – не решили. Только открытие *инжекционной люминесценции* (О.В. Лосев, 1927) и создание на этой основе *светодиодов* (Н. Холоньяк, 1962) стало началом современной оптоэлектроники. Но подлинной вершины оптоэлектронные излучатели достигли лишь после создания *лазера* (табл. 1, п. 12)³ и его доминирующей современной разновидности – полупроводникового *гетеролазера* (табл. 1, п. 14). Этот фундаментальный прорыв, в котором определяющую роль сыграли отечественные учёные, стал возможен лишь на основе *квантовой теории излучения А. Эйнштейна* (табл. 1, п. 5) и создания *синтетических полупроводников типа A^3B^5* (п. 10). Пос-

¹ Значительный вклад внесли также Л. Бриллюэн и А. Зоммерфельд.

² Царивший в то время хаос в осознании значительного экспериментального материала иллюстрируется, в частности, тем фактом, что сам А. Вильсон до создания зонной теории относил кремний к металлам.

³ В один ряд с тремя выдающимися Нобелевскими лауреатами – основоположниками квантовой электроники следует поставить и Т. Меймана, так как именно он создал первый в мире лазер, причём создал его вопреки предсказаниям теоретиков, руководствуясь собственной интуицией.

ледующий качественный скачок в усовершенствовании лазеров связан с резким уменьшением их размеров и использованием *кванторазмерных эффектов* (табл. 1, п. 15) и принципов *нанотехнологии*, как это реализуется в лазерах с квантовыми точками (1988).

К «фундаменту» оптоэлектроники мы относим *голографию* (табл. 1, п. 11) и *нелинейную оптику* (табл. 1, п. 13), хотя пока они не получили достаточно широкого приборного утверждения.

В заключение отметим, что оптоэлектроника естественно опирается и на фундаментальные открытия классической оптики «домаксвелловской» поры.

4. Историческая хронология оптоэлектроники иллюстрируется диаграммой на с. 331, где в левой части помещены важнейшие приборы, а в правой – открытия, теории, материалы, обеспечившие создание этих приборов. Используются общепринятые аббревиатуры и сокращения (снизу вверх): п.п. – полупроводник; ИК – инфракрасный; вид. – видимый; A^3B^5 – синтетические полупроводники, состоящие из элементов III и V групп таблицы Менделеева; СИД – светодиод; ЖК – жидкий кристалл; г.ф. – газофазная; ж.ф. – жидкофазная; мол. – молекулярно-лучевая; МОС – металло-органические соединения; ПЗС – прибор с зарядовой связью; CD – компакт-диск; КТ – квантовые точки. Отметим, что почти каждая точка на диаграмме – это итог, квинтэссенция некоей «своей» истории, плотно насыщенной событиями и не всегда просто и однозначно трактуемой. Не только описать, но перечислить все факты не представляется возможным; в качестве примера, иллюстрирующего сказанное, приведём историю создания светодиода [12, 13].

В 1922 г. лаборант Нижегородской радиолaborатории О.В. Лосев, исследуя кристаллические детекторы, обнаружил, что некоторые из них обладают усилительными свойствами – публикация об этом вскоре сделала его европейской знаменитостью. В этой же статье он упомянул о свечении приконтактной области карбидокремниевых детекторов. На это никто тогда не обратил внимания, да и сам Лосев полагал, что возникновение дугового разряда вблизи острия иглы интереса не представляет. Но в 1927 г., проведя специальные исследования, он установил, что свечение идёт из объёма кристалла и определяется электронными квантовыми переходами – этим годом мы и датируем *открытие инжекционной люминесценции* полупроводников («свечение Лосева», как позднее стали его называть в мире). В послевоенные годы вновь увлеклись карбидом кремния, в 1951 г. была разработана теория инжекционного свечения (К. Леховек), из которой следовало, что карбид кремния для этого неэффективен, а нужны другие – «прямозонные» – полупроводники. В 1953 г. такие полупроводники были разработаны

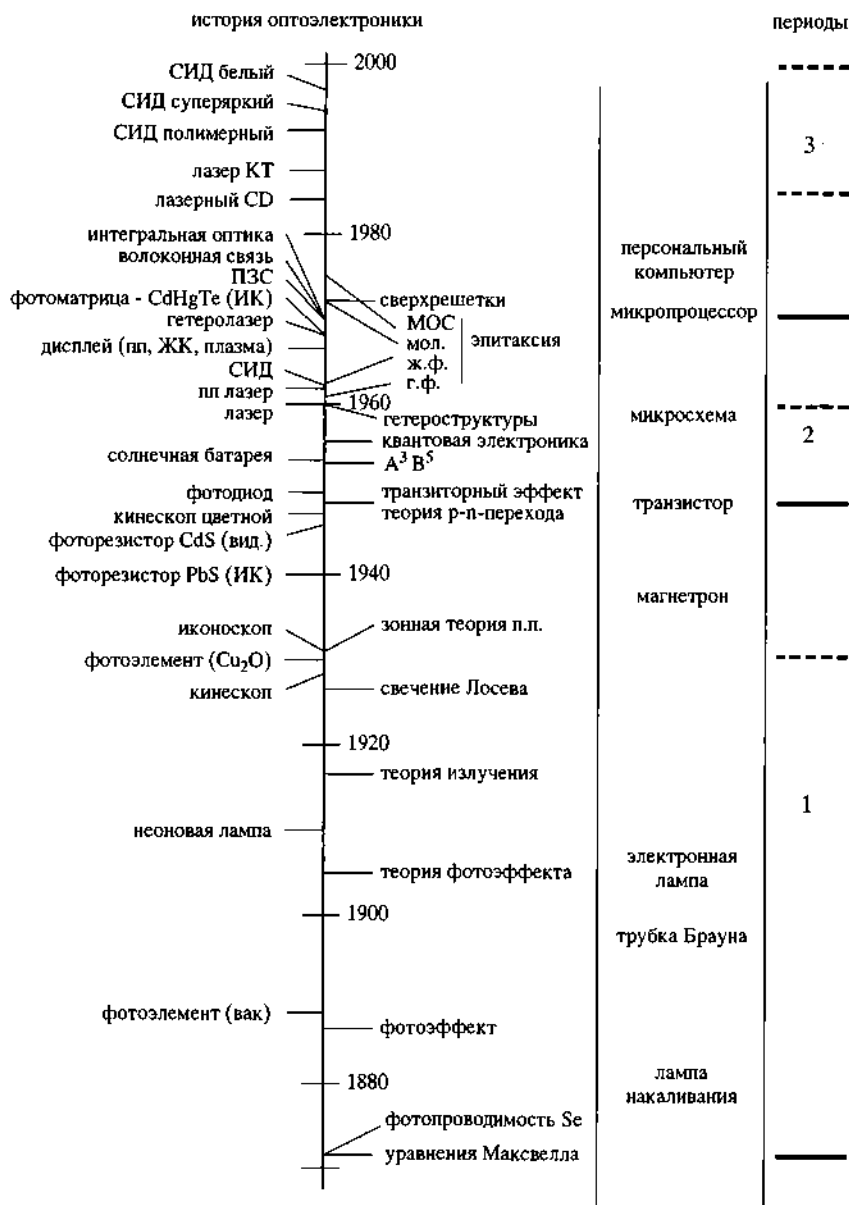


Диаграмма исторической хронологии оптоэлектроники

Г. Велькером, началось интенсивное исследование их люминесцентных свойств, высокая эффективность обнаружилась у арсенида галлия и в ноябре 1962 г. было объявлено о начале полупромышленного производства светодиодов, в дальнейшем признанных первыми (Н. Холоньяк, фирма Дженерал Электрик).

Описанная история не была столь логически определённой и прямой, как теперь это можно представить, отметим, что по крайней мере три возможных приоритета, к ней относящихся, не состоялись. В 1907 г. в Англии была опубликована заметка Г. Раунда, подметившего свечение карборундового детектора, но сам он не придавал этому должного значения, а научная общественность и вовсе не заметила. Само по себе *обнаружение* того или иного эффекта не обязательно признаётся научным фактом; случай Г. Раунда – типичный пример преждевременности возможного, но так и не состоявшегося открытия.

В 1950 г. наш выдающийся химик Н.А. Горюнова (в ту пору – аспирантка) предсказала полупроводниковость соединений A^3B^5 и синтезировала одно из них – сурьмянистый индий, на 2–3 года опередив Г. Велькера. Но публикация надолго задержалась и вряд ли была замечена Западом, а отечественные физики Н.А. Горюнову своевременно не поддержали, фактически усомнившись в перспективности начинания. В результате отечественный приоритет был утрачен, а арсенид галлия для первого лазера привезли из Англии.

В начале 1960-х годов технологи и материаловеды научились изготавливать карбидокремниевые диоды, которые светили значительно эффективнее, чем детекторы Лосева. Научились обеспечивать их высокое быстродействие и способность генерировать световые вспышки наносекундной длительности. Приборы оказались полезными для калибровки счётчиков Гейгера и в начале 1962 г. в Москве, в НИИ «Сапфир» (тогда НИИ 311) было организовано мелкосерийное производство этих *светодиодов*. Увы, этот приоритет зафиксирован лишь в ведомственном препринте и в непубликуемом авт. свидетельстве [14] – в историю он не вошёл.

5. Общего подхода в выборе критериев периодизации нет, для истории науки, отличающейся от других сфер человеческой деятельности имманентными закономерностями развития, логично выбрать этот критерий внутри самой науки, ориентируясь на моменты наиболее существенных, качественных изменений в её развитии, или, в терминологии Т. Куна [15], моменты смены господствующих *парадигм*⁴. Предложенная нами в соответствии с этим критерием периодизация истории оптоэлектроники (на диаграмме справа) содержит три периода.

⁴ В исследуемом нами процессе парадигма – это открытие (или группа открытий), определяющее принципиально новые возможности оптоэлектроники, переориентация научных и технических ресурсов на его использование, разработка новых исследовательских и образовательных программ, организация новых лабораторий и заводов.

I период: от уравнений Максвелла (1864) до изобретения транзистора (1947) – *предыстория* («от эмпирики к науке»). В нём выделены два подпериода, граница между которыми (1931) также характеризует смену парадигм (не столь кардинальную, как изобретение транзистора): зонная теория полупроводников (1931); бум, вызванный созданием меднозакисных фотоэлементов; обращение значительной части научного сообщества к теоретически осмысленному изучению полупроводников; создание материальных основ телевидения (1929 и 1931).

II период: от изобретения транзистора (1947) до изобретения микропроцессора (1971) – *возникновение* («время великих открытий»). В течение этого периода фактически было открыто, изобретено, создано всё то, что характеризует оптоэлектронику. Принципиальная значимость изобретения лазера (1960) подчеркнута введением двух подпериодов с границей по этой дате.

III период: *развитие*, начиная с 1971 г. («триумфальное шествие»). Для этого периода характерна всё возрастающая роль оптоэлектроники (электроники в целом) в общественно-политической, экономической, военной, социокультурной жизни общества, поэтому целесообразна и смена критерия периодизации (деление на подпериоды) с «внутреннего» на «внешний»: первая граница (условно 1985 г.) означает начало перехода в постиндустриальный период развития и начало формирования информационного общества; вторая граница (условно 2000 г.) связана с такими понятиями, как глобализация, Интернет, технологическая революция в электронике.

6. Анализ пройденного оптоэлектроникой исторического пути, непрерывный прогресс в части появления фундаментальных открытий, создания новых приборов и технологий, позволяет сделать ряд обобщающих заключений, характеризующих не только оптоэлектронику, но и историю *high-tech* вообще.

6.1. Существенная особенность этого прогресса – определяющие характеристики оптоэлектронных приборов не просто улучшаются, но все увереннее приближаются к своим теоретически предельным значениям⁵, а сами приборы – к их идеализирован-

⁵ Типичный пример. Первые, Эдисоновские, лампы накаливания имели КПД ~2–3%, а с учётом бесполезной растраты света по сторонам – ещё раз в 10 меньше. За 125 лет прогресс этого направления дал 3–4-кратное повышение КПД, что, конечно же, важно, но нового качества не несёт – по-прежнему, большая часть потребляемой энергии превращается не в свет, а в тепло. А современные суперяркие светодиоды могут иметь КПД вплоть до 30–50%, кроме того – любую направленность, требуемую цветовую характеристику излучения, удобство управления, что также минимизирует бесполезные потери и побочные вредные эффекты. Ещё ближе к теоретическому пределу подошли гетеролазеры, КПД которых близок к 90% (!).

ным моделям. Именно соответствием данному критерию следовало бы определять понятие «высокой технологии»⁶.

В аспекте сказанного возможно и полезно для целей анализа и сопоставления различных техник ввести новое понятие. *Идеальный технический объект (ИТО)* – результат технической деятельности (артефакт), который при максимально полном соответствии заданному функциональному назначению, обладает техническими характеристиками на уровне предельно-достижимых теоретически. При этом «соответствие функциональному назначению» не означает лишь нечто однажды достигнутое и застывшее – предполагается способность созданного изделия адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации, постоянно наращивать и повышать (upgrade) свои потребительские качества. Вводить понятие ИТО для «старых», традиционных техник, далёких от совершенства, не имело смысла, лишь при развитии *high-tech* стала реальностью постановка вопроса, насколько близко то или иное изделие подошло к ИТО, т.е. отсчёт вести не от исходной нулевой точки, а от конечной, условно говоря от 100%-ной близости к ИТО.

Кроме эффективности функционирования изделия существен и аспект, связанный с его долговечностью, надёжностью, безопасностью для пользователя.

Таким образом, для оценки приближения реального технического объекта к ИТО следует рассматривать три группы характеристик:

- эффективность использования потребляемой объектом энергии;
- направленность, локализация полезного воздействия объекта, минимизация потерь;
- долговечность, надёжность, безопасность эксплуатаций.

В каком-то смысле характеристики ИТО перекликаются с характеристикой современного представления о «качестве жизни» человека; между используемыми в обоих случаях «параметрами» имеется вполне очевидная аналогия: долголетие (долговечность), крепкое здоровье и медицинское обслуживание (надёжность), рациональное питание и деловая активность (энергетическая эффективность), обучение, образование (адаптивность к изменяющимся внешним условиям).

6.2. Технология оптоэлектроники (электроники вообще) достигла, в сопоставлении с другими технологиями, наивысшей сте-

⁶ Чаще всего к «высоким технологиям» относят новые технические направления, удовлетворяясь теми результатами, которые они дают, и не принимая в расчёт затраты на их получение (в том числе и бесполезные). Такой подход к определению *high-tech* вряд ли можно признать корректным.

пени совершенства, что проявляется в прецизионности, чистоте, локальности и иных характеристиках обработки, а также в обеспечении безотходности, дешевизны, массовости производства.

Принципиальным является не само по себе непрерывное совершенствование технологии (это её имманентное свойство, проявляющееся практически во всех технологиях), а то, что в случае оптоэлектроники мы наблюдаем приближение технологии к «предельным»⁷ возможностям. В этой связи представляется оправданным введение понятия предельной технологии, которое определим следующим образом (а вместе с тем определим и «пределы», о которых идёт речь). *Предельная технология (ПТ)* это технология, характеризующаяся следующими отличительными свойствами:

- возможность изготовления изделий с параметрами приближающимися к теоретически предельным значениям, т.е. изготовления ИТО во всём необходимом функциональном многообразии;

- возможность локальной, направленной, прецизионной, управляемой обработки материалов на предельном уровне, который для оптоэлектроники определяется отдельными атомами и атомными размерами;

- минимизация побочных неконтролируемых воздействий на окружающую среду, в пределе – устранение таких воздействий;

- обеспечение возможности дешёвого и супермассового производства – предел на этом направлении определяет глобализация, т.е. оперативное изготовление новых электронных изделий для всех обитателей планеты⁸.

Отметим, что между отдельными составляющими этого определения имеется нерасторжимая связь: так, например, первое невозможно без второго, а четвертое нецелесообразно без первого. В полном объёме о предельной технологии в оптоэлектронике пока можно говорить лишь как о тенденции, но частичные её проявления вполне реальны.

6.3. Нередко об оптоэлектронике говорят, как о научно-техническом направлении, что слишком упрощённо и уже давно неадекватно исторической реальности. Более плодотворным представляется отнесение оптоэлектроники к «технологии в широком, “американском”, понимании»⁹, которую для отличия от

⁷ Кавычки означают условность этих пределов, так как прогресс неостановим.

⁸ Пока это гипербола, так как необходимой покупательной способностью обладает лишь «золотой миллиард», и то частично.

⁹ Под технологией в широком понимании имеется в виду сочетание научных разработок, инженерии, проектной деятельности и организации ресурсов.

технологии в «узком, традиционном, понимании»¹⁰ далее будем обозначать как *Технология*. В соответствии с определением, данным в прим. 19, и с учётом дополнений, вытекающих из анализа истории оптоэлектроники, её сущностные характеристики можно представить следующим образом.

1. Высочайшая науконасыщенность, фактическое повсеместное доминирование науки. Этим предопределяется действенность концепции «автономной технологии», согласно которой её эволюция (равно как и революция) в значительно большей степени определяется имманентными законами *Технологии*, нежели необходимостью «удовлетворения потребностей» и влиянием внешних вызовов [16, 17, 18].

2. Инженерия, традиционно понимаемая как способ использования сил, энергии и материалов природы для нужд и деятельности человека, в случае оптоэлектроники почти всегда имеет дело с искусственно создаваемыми материалами. Это принципиально изменяет сущность инженерной деятельности: не приспособляться к природным материалам, а «заказывать» и получать необходимые оптимальные материалы. Новое, наукоёмкое материаловедение, исторически сложившееся после Второй мировой войны, стало отличительной чертой *Технологии*, для оптоэлектроники – определяющей характеристикой.

3. Принципиально изменилась и проектная деятельность – развитие принципов математического моделирования, подкреплённых компьютерно-дисплейной техникой, позволяет бесчисленное множество неоптимальных технических решений вывести в виртуальный мир.

4. Кардинально изменяется и «технология в узком понимании»: в ней всё меньше остаётся угнетающе монотонного эмпиризма, она во всё большей степени сама становится наукой и всё явственнее приближается к предельной технологии.

5. Фактически *Технология* вбирает в себя и решение проблем массового производства: современная оптоэлектроника отбирает для использования лишь такие совершенные технологические процессы и способы, что проблема массового и сверхмассового тиражирования разработанных изделий решается уже в процессе самой их разработки.

6. *Технология* включает в себя в качестве обязательного и равноправного с другими компонентами организацию ресурсов разного рода: людских, материальных, финансовых, информационных. А это, в свою очередь, вовлекает в её орбиту образова-

¹⁰ Технология – совокупность приёмов и способов получения, обработки сырья, материалов, изделий (БСЭ. Т. 25, 1976).

тельные программы, корпоративную деятельность различного рода общественных организаций (профсоюзы, НТО, академии и т.п.), СМИ, экономические институты.

7. Разработка сложных систем и крупных проектов неизбежно требует от *Технологии* и значительной политической активности: лоббирование во властных структурах, создание законодательно-правового обеспечения, участие в международной кооперации и т.п.

8. Наконец, неизбежно всё большее проникновение в *Технологию* социокультурных мотивов, прежде всего в форме проведения различных формальных и неформальных экспертиз крупных проектов: экологических, социологических, демографических (первый временной пласт), а также в форме отображения новой *Технологии* в философии и в «большом» искусстве (второй временной пласт).

Сделаем несколько добавлений общего плана. Во-первых, ещё раз подчеркнём особенную роль науки: наука не только один из важнейших элементов новой *Технологии*, она пронизывает все её компоненты и выполняет таким образом *структурообразующую* функцию. Если в каком-то проекте вдруг обнаруживается, что хотя бы один из компонентов *Технологии* оказывается вне науки, на уровне эмпирики, то и вся структура скорее всего рухнет. Всепронизывающее действие науки приводит не только к упрочнению и гармонизации общей структуры, но и к тому, что на каждый её компонент переносятся все онтологические особенности науки (имманентность законов развития, непрерывный прогресс, специфическая этика и проч.); это фактически служит предпосылкой того, что компоненты структуры одновременно взаимосвязаны и автономны.

Во-вторых, принципиальный характер носит тот исключительный *динамизм*, который присущ новейшей электронной *Технологии*. Трудно представить, чтобы теория научных революций, предложенная Т. Куном в 1962 г. и получившая широкую поддержку философов, оставалась справедливой и неизменной и в том случае, когда смена парадигм происходит не в квазистатическом режиме (как это фактически у Т. Куна), а с калейдоскопической скоростью, по несколько раз за время жизни одного поколения. Таким образом, «новый динамизм», свойственный «новой электронике», как минимум требует переосмысления ранее предложенных философских схем, необходимым становится учёт фрагментарности, неравномерности, кажущегося алогизма развития *Технологии*.

Динамизм обуславливает и такое положение, что перечисленные выше направления деятельности 1–8, характеризующие

отдельные компоненты Технологии, протекают не последовательно друг за другом, а с временным наложением, или *почти одновременно*, не являются однозначно взаимоподчинёнными и обладают существенной независимостью развития. Из этого вытекает самостоятельность и автономность каждого компонента, поэтому почти каждый крупный *Технологический* проект кроме основного результата даёт немало побочных, иногда превосходящих основной. Нередко логика появления таких побочных результатов лежит только внутри развития самого этого компонента, никак не подкреплена каким-либо внешним «заказом» и потому стороннему глазу представляется алогичной.

В качестве третьей специфической особенности *Технологии* укажем на частые случаи интеграции нескольких видов деятельности (в одном лице или коллективе), что способствует гармонизации *Технологии* и ускорению её развития. Наконец, как это с очевидностью следует из перечисления 1–8, *Технология* имеет полидисциплинарный характер, а это непереносимое условие любого значительного цивилизационного успеха.

В заключение заметим, что использование термина *Технология* вряд ли можно считать удовлетворительным. Базовые понятия «наука», «техника», «технология» достаточно определены, как-то более-менее однозначно воспринимаются широкой общественностью, поэтому их новые или расширенные трактовки для обозначения новых феноменов представляются, по меньшей мере, надуманными. В каком бы расширительном смысле мы ни употребляли слово «технология», всё равно оно для каждого человека означает лишь *как* делать, но *что* делать – из этого понятия никоим образом не вытекает. Назрела необходимость создания нового понятия и адекватного ему нового термина.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев Ю.Н., Воронков Ю.С., Кувшинов С.В. История науки и техники: Конспект лекций. М.: РГГУ, 1999. 267 с.
2. Горохов В.Г. Концепции современного естествознания и техники: Учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 2000. 608 с.
3. Горохов В.Г., Розин В.М. Введение в философию техники. М.: ИНФРА-М, 1998. 224 с.
4. Савельева И.М., Полетаев А.В. Знание о прошлом: Теория и история. Т. 1. Конструирование прошлого. СПб.: Наука, 2003. 632 с.
5. Алферов Ж.И. Физика и жизнь. СПб.: Наука, 2000. 255 с.
6. Полупроводники в науке и технике / Под ред. А.Ф. Иоффе. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957. 471 с.
7. Мосс Т., Баррел Г., Эллис Б. Полупроводниковая оптоэлектроника. М.: Мир, 1976. 431 с.

8. Носов Ю.Р. Оптоэлектроника. М.: Радио и связь, 1989. 360 с.
9. IEEE Trans. Electron. Devices. 1976. Vol. ED-23, N 7.
10. Данилевский М.Н., Набатов В.В., Медушевская О.М., Румянцев М.Ф. Источниковедение: Теория, история, метод. М.: РГГУ, 1998. 473 с.
11. Носов Ю.Р. Фундаментальные физико-технологические открытия – основа оптоэлектроники // Радиоэлектроника и управление. 2003. № 1/3. С. 14–18.
12. Носов Ю.Р. К истории открытия О.В. Лосевым электролюминесценции полупроводников // Электрон. пром-сть. 2004. № 1. С. 69–77.
13. Носов Ю.Р. На заре светодиодной революции // Химия и жизнь. 2004. № 5. С. 26–29.
14. Рыжиков И.В. и др. Полупроводниковый источник наносекундных световых импульсов. А. с. 161349. Заявл. 31.08.62.
15. Кун Т. Структура научных революций. М.: АСТ, 2003. 365 с. В оригинале – 1962 г.
16. Hund F. Paths to quantum theory historically reviewed // Phys. Today. 1966. Vol. 19. N 8. P. 23–29.
17. Хунд Ф. История квантовой теории. Киев: Наук. думка, 1980.
18. Wig N. Technology, philosophy and politics, technology and politics. Daham; L., 1988. P. 38

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ТУРБУЛЕНТНОСТИ, ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ХАОС

Введение. Проблема турбулентности насчитывает более ста лет, и на её решение были направлены усилия многих выдающихся исследователей. На этом пути получены замечательные результаты. Однако до настоящего времени проблема турбулентности остаётся одной из самых загадочных и волнующих, её относят к самой значительной нерешённой задаче классической физики. Приведём два высказывания. На открытии представительного международного коллоквиума в 1961 г. в Марселе Т. Карман сказал, что «когда он, наконец, предстанет перед Создателем, первое, о чём он попросит, будет раскрытие тайн турбулентности» (цит. по [1. С. 63]). И другое высказывание. Д. Лайтхилл на симпозиуме в Киото в 1966 г. заявил, что «кладбище теорий турбулентности давно уже переполнено, а проблема до сих пор не решена» (цит. по [2. С. 5]). Проблема турбулентности, даже, несмотря на её незавершённость, чрезвычайно обширна. Различные её аспекты составляют отдельные большие области науки и её приложений. Под проблемой турбулентности в дальнейшем будем понимать возникновение турбулентной динамики, исходя из первых принципов.

Решение проблемы турбулентности можно ожидать после появления каких-то принципиально новых идей, которые позволят разом ответить на главные вопросы. Однако проблема насчитывает уже более ста лет и можно ли надеяться, что решение будет получено на таком пути? Другой путь (назовем его эволюционным) менее радикален, но даёт, пусть медленное, продвижение вперёд. Одним из путей такого продвижения является привлечение к решению проблемы турбулентности идей нелинейной динамики. Проблема турбулентности была отправной точкой многих исследований в этой области. В дальнейшем со становлением основных положений нелинейной динамики обе области тесно переплелись, взаимодействуя и стимулируя развитие друг друга. Нелинейная динамика оказала сильное влияние на изменение представлений о природе турбулентности, на соотношение между антагонизмами устойчивость–неустойчивость, случайность–закономерность, симметрия–асимметрия и др. [3]. В настоящей работе рассмотрены в историческом плане некоторые аспекты взаимоотношения этих двух областей: турбулентности и нелинейной динамики.

Между нелинейной динамикой и турбулентностью прослеживается ряд параллелей. И в той, и в другой области считаются известными точные законы (уравнения Ньютона, Гамильтона, Навье–Стокса и др.), и задача состоит в получении следствий из них, разработке приближённой системы понятий и законов. Б.В. Чириков, один из основоположников нелинейной динамики, называет такой подход конструктивной физикой, имея в виду, что речь идёт не о формулировке каких-либо новых законов природы, а о применении хорошо известных и твёрдо установленных законов механики к объяснению и конструированию новых явлений и объектов [4]. К конструктивной физике он относит теорию колебаний, статистическую физику, химию. В этом же ряду находится и теория турбулентности. Далее, как нелинейная динамика, так и теория турбулентности демонстрируют особый характер отношений между математикой и физикой. Гамильтонова нелинейная динамика стоит на твёрдой почве теории Колмогорова–Арнольда–Мозера (КАМ) и эргодической теории, построенных по всем канонам математической строгости. В развитии теории турбулентности желанная цель состоит в дедуктивном построении теории на основе первых принципов (в этом качестве выступают уравнения Навье–Стокса). В таком построении, учитывая крайнюю сложность проблемы, математические тонкости выступают на первый план. К примеру, значительным достижением было бы доказательство теоремы существования и единственности решений трёхмерного уравнения Навье–Стокса на неограниченном интервале времени.

Формирование основных положений нелинейной динамики происходило в период 1950–1970-х годов, который можно назвать временем великих перемен. Если же захотим проследить истоки, то придётся перенестись к значительно более раннему времени. Ряд результатов теории турбулентности фактически является одной из ветвей этой предыстории, которая развивалась, используя идеи теории динамических систем, оказывая затем мощное обратное воздействие. В соответствии со сказанным обозначился рубеж – 1950-е гг., и развитие теории турбулентности в интересующем нас аспекте можно разделить на два периода: до указанного рубежа и после него.

Постановка проблемы. Статистическая теория турбулентности. После того как в XIX в. обратили внимание на существование двух принципиально различных форм течения, под турбулентностью стали понимать неустановившееся и сильно нерегулярное течение, а сам термин принадлежит В. Кельвину [5]. Внимание к проблеме усиливалось распространённостью турбу-

лентных течений в природе, к которым принадлежит подавляющее большинство всех течений жидкостей и газов.

Хаотический, случайный характер течения в пространстве и времени является одной из главных характеристик турбулентности. При её описании случайность становится базовым понятием. Надежды в решении проблемы турбулентности на нелинейную динамику основываются на возможности приблизиться к пониманию того, как в реальных детерминированных системах, без источника внешнего шума, может возникнуть нерегулярное поведение. Если ввести пространство состояний гидродинамической системы аналогично фазовому пространству гамильтоновой системы с конечным числом степеней свободы, то состояние частицы жидкости в данный момент времени будет определяться точкой в этом пространстве. Пространство состояний гидродинамической системы бесконечномерно, и возникновение случайности относили, как и в статистической механике, к возбуждению огромного числа степеней свободы $n \rightarrow \infty$.

В теории турбулентности сформировалось два, на первый взгляд слабо соприкасающихся, направления. Первое касается зарождения турбулентности, когда возбуждается относительно небольшое число степеней свободы. Совершенно иной является вторая область, относящаяся к развитой турбулентности. В последнем случае при стремлении числа Рейнольдса к бесконечности задействованы все пространственные и временные масштабы, характеризующие турбулентность, и мы имеем дело с бесконечномерной системой.

В описании развитой турбулентности крупнейшей и неотъемлемой её частью является статистическая теория турбулентности [6–9]. Из всех её создателей упомянем три имени, чей вклад был определяющим: Л. Ричардсон, Дж. Тейлор и А.Н. Колмогоров. Ричардсон выдвинул физический механизм диссипации энергии при развитом турбулентном движении [10]. По схеме Ричардсона в турбулентном потоке присутствуют вихри с различными размерами. Самые крупные вихри имеют размеры порядка характеристических длин, определяющих область турбулентного движения. В основе механизма лежит процесс каскадной передачи энергии от крупных вихрей к меньшим и т.д. до самых меньших, энергия которых рассеивается за счёт трения. В своё время эти оригинальные и глубокие идеи Ричардсона остались мало замеченными. Значительный шаг был сделан Тейлором, выдвинувшим идею однородной изотропной турбулентности [11]. Исходным моментом была инвариантность распределения вероятностей гидродинамических величин при ортогональных преобразованиях (параллельных переносах, вращениях и отражениях).

Данная инвариантность ведёт к существенным математическим упрощениям, хотя реальных течений с такими свойствами не существует, если не учитывать некоторых специальных частных случаев. На этом пути был получен ряд ценных результатов.

Гидродинамика, как и классическая механика, издавна была в поле зрения Колмогорова. В его работах по статистической теории турбулентности исходными были два пункта. Трудности при дедуктивном рассмотрении проблемы побудили Колмогорова к поиску механизма явления, используя физические соображения. И второе, Колмогоров увидел возможности приложений для теории турбулентности недавно созданной математической теории случайных процессов, одним из авторов которой он являлся.

Вот что Колмогоров писал по поводу своих работ по турбулентности: «Интерес к изучению турбулентных потоков жидкостей и газов возник у меня в конце 30-х годов. Мне сразу стало ясно, что основным математическим аппаратом исследований призвана стать теория случайных функций многих переменных (случайных полей), которая в то время только зарождалась. Кроме того, вскоре мне стало ясно, что трудно надеяться на создание замкнутой в себе чистой теории. За отсутствием такой теории придётся опираться на гипотезы, получаемые из обработки экспериментальных данных» [12. С. 421].

Вся теория Колмогорова изложена в нескольких очень небольших по объёму статьях, которые отличает исключительное богатство содержания [13–15]. Развивая глубокие идеи Ричардсона, предложившего качественную схему вихревого движения, Колмогоров получил замечательные количественные результаты, допускающие экспериментальную проверку. Вот один из них – знаменитый «закон двух третей», утверждающий, что средний квадрат пространственной разности значений продольной компоненты скорости $D_{dd}(r)$ равен

$$D_{dd}(r) = C\bar{\epsilon}^{2/3}r^{2/3},$$

где $\bar{\epsilon}$ – средний поток энергии от крупномасштабных пульсаций, C – универсальная постоянная.

Теория Колмогорова получила убедительное подтверждение в экспериментах с турбулентными потоками в океане, атмосфере и других больших объёмах при достаточно больших числах Рейнольдса. На теорию Колмогорова ориентировалось всё последующее развитие. Это касается как гидродинамической, так и плазменной турбулентности. Согласие новых результатов с теорией Колмогорова стало служить веским аргументом в их правильности. Но теория Колмогорова является феноменологической, она была создана на основе физических соображений мето-

дами теории размерностей. Её последовательный вывод строгими методами ещё предстоит сделать.

Масштабная инвариантность. Не будем далее вдаваться в результаты статистической теории турбулентности; нас будут интересовать внесённые ею новые идейные моменты, получившие отражение в нелинейной динамике. С представлениями статистической теории турбулентности перекликаются такие фундаментальные понятия как самоподобие, ренорм-группа, фрактал. Самоподобие или масштабная инвариантность является одним из оснований нашего миропонимания. Представления о нём появились в разных областях науки. В математике при анализе её основ – понятий числа и функции – возникли такие конструкции, использующие идею самоподобия, как множества Кантора, кривые Пеано или непрерывные функции, ни в одной точке не имеющие конечной производной.

Гидродинамика также внесла свой вклад в формирование глубокого и конструктивного понятия самоподобия: назовем исследования О. Рейнольдса по турбулентным течениям, затем статистическую теорию турбулентности. Самоподобие вносит определённую регулярность в хаотический мир турбулентных течений. Обобщение понятия самоподобия привело к другому основополагающему понятию – ренорм-группе, дающей возможность рассматривать под общим углом зрения весьма далекие друг от друга явления. Возникнув в квантовой теории поля (Э. Штюкельберг, А. Петерман, 1953), понятие ренорм-группы проникло в теорию фазовых переходов (К. Вильсон) [16] и нелинейную динамику [17]. В последнем случае ренорм-групповой подход не просто был использован для анализа известных объектов, а на его основе было сформулировано новое нетривиальное понятие – ренорм-хаос, когда наблюдаются случайные флуктуации структур при изменении масштаба их разрешения.

Другое фундаментальное обобщение понятия самоподобия привело к одному из ключевых неклассических объектов математики – фракталам. Теперь уже общепризнано, что фракталы являются типичными объектами в очень многих физических системах, в том числе в задачах нелинейной динамики и гидродинамики. Отметим проницательность Мандельброта, который с самого начала понимал значение своего открытия. Не случайно во Введении своей ставшей классической книги [18] встречаем его программную установку: «У геометрии природы фрактальное лицо». К фракталам мы вернёмся ниже.

Сценарии возникновения турбулентности. Модели Лере и Ландау–Хопфа. Посмотрим теперь на другую область турбулентных течений, относящуюся к зарождению турбулентности. Раз-

работка математической теории уравнений Навье–Стокса в первую очередь связана с именем Ж. Лере (1933–34) [19–21]. Лере был поставлен вопрос: если в начальный момент времени $t = t_0$ имеется регулярное решение уравнений Навье–Стокса, то будет ли сохраняться регулярность решений на всём временном интервале? Лере предположил, что в трёхмерном случае достижению турбулентности отвечает разрушение решений и время существования регулярных решений конечно. Эти вопросы до настоящего времени остаются без ответа. Было обнаружено, что для трёхмерного случая для многих турбулентных течений разрушения решений не происходит [22].

Процитируем Дж. Марседна: «Для полных уравнений Навье–Стокса мы не только не знаем ни одного турбулентного решения, но даже неизвестно, существует ли такое» [22. С. 11]. Обычно вопрос о существовании решений уравнений математической физики решался просто нахождением этих решений. Теперь эта традиция оказалась нарушенной. Во всей общности встала проблема исследования нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных. Вопрос единственности решений остаётся открытым не только для уравнений гидродинамики, но для многих других задач физики, механики, химии, техники. Не установлена, например, единственность решений уравнений Больцмана для разреженных газов и Энскога для плотных газов. К тому же кругу проблем относится регулярность решений. Сохраняется ли она для уравнений Навье–Стокса на всём временном интервале или же решения становятся сингулярными и для построения теории нужно исходить из новых физических принципов? Если решение становится сингулярным, то на множестве какой меры это происходит: меры нуль или отличной от нуля? С. Смейл отнёс вопрос о существовании глобальных единственных гладких решений уравнений Навье–Стокса к главным проблемам математики нынешнего столетия. «... проблема, её решение, частичные результаты или даже попытки её решить, вероятно, будут иметь важное значение для математики и её развития» [23. С. 280]. Добавим, что один из научных Фондов установил премию в один миллион долларов за нахождение ответов на поставленные вопросы [24]. Перейдём к подходу к проблеме турбулентности, основанному на идеях нелинейной динамики.

При определённых значениях параметров решения уравнений Навье–Стокса теряют устойчивость и переход к турбулентному движению рассматривается через возникновение и эволюцию неустойчивостей. Постановка задачи и первые исследования по линейной теории гидродинамической устойчивости восходят ещё к О. Рейнольдсу, В. Кельвину, Дж. Рэлею, А. Зоммерфельду,

В. Гейзенбергу (см., например, [7]). Однако критические значения числа Рейнольдса, полученные по линейной теории, не соответствуют данным экспериментов. Рассмотрение эволюции нарастающих малых возмущений требовалось проводить с привлечением нелинейных моделей. Первая такая модель была выдвинута Л.Д. Ландау [25], предложившим уравнение для амплитуды возмущений

$$\frac{d|A|^2}{dt} = 2\gamma|A|^2 - \delta|A|^4,$$

где $\delta > 0$. В этой же работе Ландау поставил вопрос о возникновении турбулентности с ростом числа Рейнольдса. Несколько позже аналогичные идеи были выдвинуты Э. Хопфом [26].

В предложенной Ландау и Хопфом картине переход к турбулентности представляется в виде последовательности бифуркаций. С помощью бифуркаций мы получаем возможность описывать и классифицировать все решения, которые потенциально могут возникнуть при развитии неустойчивости данного решения. Но реализация этой программы может быть иной, чем у Ландау и Хопфа. Хотя в принципе имеется бесконечно много возможностей таких последовательностей, не все они одинаково вероятны. Одним из главных в современной нелинейной динамике выступает положение о существовании нескольких самых вероятных, универсальных путей перехода к хаотическому движению, получивших название сценариев. Согласно сценарию Ландау–Хопфа последовательность бифуркаций приводит к течению, описываемому квазипериодической функцией

$$f(\omega_1 t_1, \omega_2 t_2, \dots, \omega_n t_n),$$

которая периодична по каждому из аргументов $\omega_i t_i$, $1 \leq i \leq n$. Первоначальное течение, на которое действует возмущение на частоте ω_1 , теряет устойчивость и становится периодическим с этой частотой. Возникшее периодическое движение теряет устойчивость на другой частоте ω_2 , и вторая бифуркация приводит к квазипериодическому движению с частотами ω_1 и ω_2 на двумерном торе. Орбиты на торе будут плотными только в том случае, если частоты ω_1 и ω_2 окажутся несоизмеримыми. Неустойчивость на частоте ω_3 с последующей бифуркацией приводит к квазипериодическому движению на трёхмерном торе и т.д. Таким образом, происходит каскадное развитие неустойчивостей, когда в системе возбуждается большое число степеней свободы. В основе сценария Ландау–Хопфа лежит идея о возникновении хаоса, пришедшая из статистической физики. Если в системе возбуждается большое число степеней свободы, то при достижении определён-

ного порога движение является настолько сложным, что оно выглядит как хаотическое.

Сценарий Ландау–Хопфа был подвергнут критике и считается нереалистичным. Однако он внёс два существенно новых момента, полностью сохраняющих своё значение и в настоящее время. Исторически это был *первый сценарий* рождения хаоса. Сейчас внимание сосредоточено на нескольких других сценариях, они интенсивно исследуются, но именно после работ Ландау и Хопфа появилось само понятие сценария перехода от регулярного движения к хаотическому. И второе: переход к турбулентному движению получил описание на языке теории динамических систем, стали использоваться её идеи и понятийный аппарат. Сценарий Ландау–Хопфа положил начало подходу к проблеме турбулентности, получившему развитие в последующие десятилетия.

Модель Колмогорова. Применение теории динамических систем для описания турбулентности с 1950-х годов входило в область интересов школы Колмогорова [27–32]. Колмогоров неоднократно высказывал идеи о связи гидродинамической неустойчивости с возникновением стохастичности в динамических системах. Инвариантные торы в модели Ландау–Хопфа представляют аттракторы в фазовом пространстве уравнений Навье–Стокса. Колмогоровым были высказаны две гипотезы:

1. существует минимальный аттрактор, размерность которого неограниченно растёт при исчезающей вязкости;
2. минимум размерностей аттракторов системы Навье–Стокса растёт неограниченно при исчезающей вязкости.

Обе гипотезы остаются недоказанными. «Может оказаться, замечал Андрей Николаевич при обсуждении сценария Ландау, что уже при конечном числе Рейнольдса произойдёт переход к бесконечномерному тору и даже к сплошному спектру. С другой стороны, даже если размерность инвариантного тора остаётся конечной при фиксированном числе Рейнольдса, спектр условно периодического движения на достаточно многомерном торе содержит столь много частот, что он практически неотличим от сплошного. Вопрос о том, какой из этих двух случаев имеет место на самом деле, ставился Андреем Николаевичем не раз» [29. С. 653].

Модель Лоренца. Данный подход состоит в моделировании турбулентного движения с помощью конечномерных динамических систем малой размерности. Таким путём достигается значительное упрощение, задача становится обозримой. При этом предполагается, что в модельной динамической системе сохраняются отдельные, самые существенные черты турбулентного движения. Указанный подход наиболее адекватен для описания

зарождения турбулентности, когда происходит возбуждение относительно небольшого числа степеней свободы. Стандартным методом перехода от уравнений гидродинамики к конечномерной динамической системе является метод Галёркина, позволяющий свести исходные дифференциальные уравнения в частных производных к системе обыкновенных дифференциальных уравнений [33]. Одним из первых и наиболее известных примеров является система Лоренца [34]. Стоит немного сказать о его открытии, при этом воспользуемся результатами работы [35].

Отправной точкой исследований Лоренца были задачи метеорологии: долговременное предсказание погоды и общие вопросы циркуляции атмосферы. Дж. фон Нейман, один из главных создателей ЭВМ, был активным сторонником их широкого использования в самых разных исследованиях фундаментального и прикладного характера. В числе самых перспективных задач ему виделись нелинейные задачи гидродинамики и метеорологии. Фон Нейман полагал, что новый подход позволит не только предсказывать погоду на долгий срок, но и управлять ею. Для этого нужно было решить гидродинамические уравнения для атмосферных течений, но поскольку их численное интегрирование лежало за пределами возможностей вычислительной техники, было необходимо разработать методы упрощения.

Главным оппонентом фон Неймана в вопросах предсказания погоды выступал Н. Винер. По его убеждению, такого рода задачи могли быть решены только статистическими методами, а управление погодой принципиально невозможно. Такие взгляды основывались на его давнем интересе к теории случайных процессов, в частности, к броуновскому движению, где им получены результаты первостепенного значения. Винер считал, что информация об атмосфере всегда неполна, а чувствительность решений к начальным условиям, когда незначительные различия становятся в скором времени весьма ощутимыми, сводит на нет динамический подход.

Подобно большинству метеорологов, Лоренц в течение нескольких лет рассматривал статистические модели, принимая участие в реализации проекта Массачусетского технологического института по статистическим методам предсказания погоды. В результате Лоренц пришёл к выводу о неправомерности для этих целей статистических методов. Точность предсказаний на один день была хорошей, на два дня – приемлемой, а на четыре дня – уже никуда не годилась. Свои результаты он доложил на представительном симпозиуме метеорологов в Токио (1960) [36].

На этом симпозиуме главное внимание было уделено двум вопросам: статистическим методам и чувствительности предсказаний к изменению начальных условий. Лоренц в своей работе [36] рассматривал модель из 12 уравнений и обнаружил, что из 40 малых отклонений от начальных условий в 39 случаях наблюдалась очень быстрая расходимость. Тогда возникла проблема выбора: изучать реалистичные модели атмосферы для наилучшего предсказания или же предельно упростить модели с тем, чтобы сохранить существенные особенности для понимания механизма физических процессов в атмосфере? Лоренц выбрал последнее и вместо системы из нескольких сотен обыкновенных дифференциальных уравнений (обычных при исследовании возможностей кратковременного предсказания погоды) остановился на простой системе из трёх уравнений [34]

$$\begin{aligned} \dot{x} &= -\sigma x + \sigma y, \\ \dot{y} &= -xz + rx - y, \\ \dot{z} &= xy - bz, \end{aligned} \tag{1}$$

где x – амплитуда конвективного движения, y – разность температур между восходящими и нисходящими потоками, z – отклонение от линейности вертикального профиля температур, σ – число Прандтля, r – нормированное число Рэлея, b – константа, характеризующая геометрию конвективной ячейки.

Добавим, что, будучи метеорологом с математическим складом мышления, Лоренц интерпретировал свои результаты исходя из трудов основоположников науки о хаосе А. Пуанкаре и Дж. Биркгофа. О первоначальном варианте статьи Лоренца с изложением его результатов ничего не известно. Кто-то обратил внимание Лоренца («к счастью для него» [35. С. 417]) на только что переведённый на английский язык уже ставший классическим труд В.В. Немыцкого и В.В. Степанова по качественной теории дифференциальных уравнений [37]. Во всеоружии мощных математических методов Лоренц провёл обстоятельное изучение полученной им системы (1). Отдадим должное его интуиции. Дальнейшее многократно описано в литературе. Как видим, открытие Лоренца имеет глубокие корни, его ни в коей мере нельзя назвать случайным, как это нередко утверждается в литературе (см., например, [38. С. 33]). Оно было неожиданным и не укладывалось в привычные представления.

Аппроксимация моделей турбулентности конечномерными динамическими системами представляет новый конструктивный путь, который позволяет выявить качественные особенности и природу явления. Такая аппроксимация имеет ещё одну сторону. Как динамический хаос, так и турбулентные течения обладают

свойством структурной устойчивости: малые возмущения не меняют качественного характера движения. Однако правомерность такой аппроксимации должна быть обоснована, тем более, что обычно рассматривают динамические системы небольшой размерности. Первый шаг в этом направлении предпринял в своей упоминавшейся работе Хопф [26], предположивший существование конечномерного множества, к которому асимптотически притягиваются решения уравнений Навье–Стокса. Строгие результаты по установлению верхней границы размерности аттракторов галёркинских приближений уравнений Навье–Стокса, зависящую только от числа Рейнольдса, были получены Ю.С. Ильищенко [39] для периодических граничных условий и А.В. Бабиным и М.И. Вишиком для ограниченного случая [40]. Вопросы обоснования привели А.М. Обухова к формулировке общих требований, которым должны удовлетворять упрощённые модели, и введению понятия *систем гидродинамического типа* [41, 42]. Так называется система, у которой общие свойства уравнений с точки зрения характера нелинейности и законов сохранения такие же, как и у изучаемого гидродинамического объекта, но имеющая конечное число степеней свободы.

Странный аттрактор. Сценарий Рюэля–Такенса. Стройная конструкция перехода к турбулентности Ландау послужила источником зарождения другой концепции возникновения турбулентных течений, получившей название сценария Рюэля–Такенса [43, 44]. Сам Д. Рюэль вспоминает, что толчок к появлению их теперь знаменитой работы с Ф. Такенсом дало изучение «Механики сплошных сред» Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица. В одной из глав этой книги изложена конструкция Ландау перехода к турбулентности. Конструкция Ландау фактически основана на модели независимых или слабо взаимодействующих осцилляторов, являющейся одной из базовых моделей теоретической физики. Вспомним неразрывно связанную с именем Ландау концепцию квазичастиц, как, например, фононы – кванты упругих колебаний в твёрдых телах.

Однако для сложных нелинейных систем модель независимых осцилляторов приспособлена в меньшей степени и Рюэлю она показалась неудовлетворительной. Он был хорошо знаком с идеями А. Пуанкаре и С. Смейла по динамическим системам. Смейл неоднократно посещал Институт высшего научного образования (IHES), где работал Рюэль. Временная эволюция системы в модели независимых мод не обладает ключевым свойством – чувствительной зависимостью от начальных условий. Другое возражение вытекает из теоремы Пейксото, утверждающей, что для динамических систем на компактном двумерном

многообразии квазипериодические движения нетипичны, так как малые возмущения нарушают эти движения. Если нетипичность какого-то вида поведения доказана, это служит убедительным аргументом в пользу того, что в турбулентных течениях такое поведение не будет наблюдаться. Это, по словам О. Ланфорда, аргумент отчаяния, поскольку ничего лучшего предложить не удаётся [45]. Типичным является асимптотическое стремление движений к одной из конечного числа неподвижных точек и периодических траекторий [46, 47]. Следовательно, отсутствие плотных траекторий на двумерном торе приводит к тому, что рождение трёхмерного тора при следующей бифуркации не будет характерным свойством.

В своей работе [43] Рюэль и Такенс предложили исходить из аperiodического движения вместо квазипериодического. Подход Рюэля и Такенса является столь общим, что он вывел далеко за рамки первоначальной задачи. Они рассмотрели на бесконечномерном векторном пространстве H эволюцию поля скоростей, задаваемого уравнениями Навье–Стокса

$$\frac{dv}{dt} = X_{\mu}(v),$$

где X_{μ} – векторное поле на H . Точная форма уравнений Навье–Стокса нигде не используется. В их работе [43] изучена общая задача возникновения сложной динамики – хаоса, для которой первоначальная гидродинамическая задача представляет одну из возможных реализаций. Параметр μ определяется физическими характеристиками, как числа Рейнольдса или Рэлея.

Первостепенное значение для нелинейной динамики имеет понятие *грубости*, введённое А.А. Андроном и Л.С. Понтрягиным (1937) [48]. Грубые системы легли в основу построений Смейла [49], ставших поворотным пунктом в развитии теории динамических систем. Логически производным от понятия грубости является появившееся у М. Пейксото [47] понятие *общего, типичного (generic)*, т.е. свойства, присущего почти всем объектам из данного класса.

Типичность лежит в основе построений Рюэля и Такенса. Квазипериодические движения относятся к категории нетипичных. Смейлом было введено понятие аттрактора, к простейшим видам которого принадлежат неподвижные точки и предельные циклы, описывающие периодические движения. Аттракторами не являются квазипериодические траектории. Вот здесь Рюэль и Такенс подходят к замечательному обобщению, приведшему к одному из ключевых понятий нелинейной динамики. Они ставят вопрос об аттракторах более сложной природы, чем неподвиж-

ные точки и периодические траектории. При этом было выдвинуто предположение, что такими аттракторами могли бы служить множества, не являющиеся многообразиями. Под влиянием идей Смейла [49] было введено понятие *странного аттрактора* – ещё одного объекта, не укладывающегося в традиционные нормы классической математики. Локально странный аттрактор представляется как произведение канторова множества и куска двумерного многообразия. Общепринятого, математически строгого определения странного аттрактора нет до сих пор. «Странность» можно проследить по его свойствам: у него нецелая размерность и он является фрактальным объектом; движение на странном аттракторе проявляет чувствительную зависимость от начальных условий; при конечной размерности временной анализ частот указывает на их непрерывный спектр.

Последнее свойство, может быть, выглядит наиболее «странным». В самом деле, в основу модели было положено сведение гидродинамических уравнений к системе обыкновенных дифференциальных уравнений посредством проектирования бесконечномерного фазового пространства решений гидродинамических уравнений на конечномерное пространство динамической системы. Казалось очевидным, что конечномерное пространство может описываться лишь конечным числом частот. Непрерывность спектра отражает неустойчивость движения на странном аттракторе. Если для сценария Ландау–Хопфа аттрактором является многомерный тор T^n , то по Рюэлю–Такенсу переход к турбулентности будет описываться странным аттрактором, демонстрирующим чувствительную зависимость от начальных условий.

Как и в случае с Лоренцем, работа Рюэля–Такенса [43] не сразу получила признание. Первоначально она была отвергнута журналом, куда была послана, затем её всё же опубликовали в другом журнале, где Рюэль состоял редактором [44]. В дальнейшем сам Рюэль предпринял немало усилий в пропаганде новых идей. Решающее значение в утверждении странного аттрактора и базирующегося на нём сценария Рюэля–Такенса имели вычислительный эксперимент, проведённый Дж. Мак-Лафлином и П. Мартином [50], и в особенности натуральный эксперимент Дж. Голлаба и Х. Суинни [51]. 1975 год стал переломным: помимо эксперимента Голлаба и Суинни была опубликована статья Т. Ли и Дж. Йорке [52], в которой появился термин «хаос», получила признание научного сообщества работа Лоренца [34]. На состоявшейся через два года в Нью-Йорке представительной международной конференции по теории бифуркаций, приуроченной к 75-летию Э. Хопфа, появление Лоренца было встречено овациями [53]. Исследования хаоса пошли широким фронтом.

Согласно сценарию Рюэля–Такенса последовательность бифуркаций, как поначалу и в сценарии Ландау–Хопфа, приводит к рождению инвариантных торов T^n . Однако уже при $n \geq 4$ становится возможным движение по странному аттрактору. Странные аттракторы характерны для диссипативных динамических систем. Позднее Рюэль и Такенс совместно с Ньюхаусом показали [54], что появление нетривиального аттрактора на торе T^n становится возможным при ещё меньшей размерности, $n \geq 3$. Итак, если система испытывает три бифуркации Хопфа при изменении параметра, начиная со стационарного решения, то вероятно, что система обладает странным аттрактором с чувствительностью к начальным условиям после третьей бифуркации [55]. Сами авторы [43] прекрасно осознавали ограниченность и модельный характер того, что может в действительности быть в турбулентных течениях. О том, насколько сложным является строгий качественный анализ систем дифференциальных уравнений даже относительно малой размерности, даёт представление работа О. Ландфорда [45]. Работа Рюэля и Такенса [43] оказала огромное стимулирующее воздействие для многочисленных исследований по теории динамических систем и механизмов перехода к турбулентности. Однако надо иметь в виду, что экспоненциальная неустойчивость движений на конечномерных аттракторах уравнений Навье–Стокса не доказана и остаётся гипотезой [32].

Сценарий Фейгенбаума. Фракталы. Выше уже упоминалось о плодотворности метода ренорм-группы в теории фазовых переходов. Сам Вильсон понимал мощь этого аппарата и предлагал в качестве возможной области его применения проблему турбулентности [56]. Такая задача была поставлена руководством Теоретического отдела Лос-Аламосской научной лаборатории в 1974 г. перед только что туда прибывшим на работу М. Фейгенбаумом. Фейгенбаум был знаком с методом ренорм-группы, он слушал лекции Вильсона в Корнелле и проявлял интерес к возможностям дальнейших приложений. Фейгенбаум говорит, что проблема стала видеться под другим углом зрения вследствие двух открытий. Первое было сделано в 1971 г. Н. Метрополисом, М. Стайном и П. Стайном в том же теоретическом отделе, где работал он сам. Они открыли любопытное свойство итераций: при изменении параметра характер поведения итераций не зависел от конкретного вида итерируемой функции. В частности, у большого класса функций при увеличении параметра происходило разрушение устойчивого цикла с заменой его циклом с удвоенным периодом. Это удвоение периода продолжалось до бесконечности и возникало хаотическое поведение.

Другим открытием был динамический хаос. Здесь рассматривались в основном две задачи: 1) как динамические уравнения могут иметь решения со статистическими свойствами и 2) как статистические свойства допускают возможность теоретического предсказания? Это направление исследований объединилось с итерационными идеями, и предельные бесконечные «циклы» итерационных систем можно было попытаться использовать для новых подходов к проблеме турбулентности.

К изучению итераций Фейгенбаума подтолкнула лекция Смейла, которую он прослушал в следующем, 1975 г. Фейгенбаум начал с исследования свойств квадратичного преобразования

$$x_{n+1} = \lambda x_n(1 - x_n)$$

и обнаружил геометрическую сходимость значений параметра λ_n , при которых происходило удвоение периода. Отметим любопытную деталь: Фейгенбаум никогда до этого не пользовался большим компьютером; всё, что у него было, — это карманный программируемый калькулятор. Те, кто до него изучал итерации, решения получал автоматически на больших компьютерах со значительной скоростью счёта. По этой причине геометрическая сходимость ранее никем не была замечена [57].

Такую же геометрическую сходимость демонстрировали значения λ при итерациях в трансцендентном случае, как, например,

$$x_{n+1} = \lambda \sin(\pi x_n),$$

которые дают ту же скорость сходимости. Как уже упоминалось выше, Метрополисом и др. было показано, что качественные особенности не зависят от конкретной итерационной схемы. Теперь оказалось, что точные количественные особенности также не зависят от конкретного вида функции. Имеются универсальные черты: качественно сходные итерации демонстрируют одинаковое количественное поведение. Таким путём Фейгенбаум пришёл к концепции универсальности в поведении нелинейных систем.

Имелся ряд экспериментальных данных, указывающих, что переход к турбулентности может осуществляться посредством субгармонических бифуркаций через удвоение периода. Отсюда открывался прямой путь к применению теории универсальности к возникновению турбулентности. Согласно сценарию Фейгенбаума [57–59] при возрастании числа удвоений определяющими в поведении системы становятся асимптотические законы с универсальными постоянными и функциями, не зависящими от особенностей конкретной системы. Пусть Λ_n — значение параметра, при котором период удваивается в n -й раз. Тогда при боль-

ших n Δ_n геометрически сходится к асимптотическому значению Λ_∞

$$\Lambda_\infty - \Lambda_n \sim \delta^{-n}$$

или

$$\frac{\Lambda_{n+1} - \Lambda_n}{\Lambda_{n+2} - \Lambda_{n+1}} \equiv \delta_n,$$

$\delta_n \rightarrow \delta$ с ростом n . Для всех систем с удвоением периода значение δ одинаково и равно универсальному числу (постоянная Фейгенбаума)

$$\delta = 4,669 \dots$$

После каскада бифуркаций при асимптотическом значении Λ_∞ у системы наблюдается аperiodическое поведение с непрерывным спектром. Сценарий Фейгенбаума хорошо согласуется с рядом вычислительных и натуральных экспериментов. История повторяется: первоначально статья Фейгенбаума была тоже отвергнута редколлегией журнала, куда она была послана.

Фейгенбаум не был первым, кто изучал итерации с удвоением периода, у него имелся ряд предшественников (по этому поводу см. [60]). Среди них, кроме уже упоминавшегося Метрополиса с соавторами, назовем французских математиков П. Фату и Г. Жюлиа, финна Р. Мирберга, наших соотечественников С.П. Пулькина и Н.Н. Леонова. Близкие к Фейгенбауму идеи и практически одновременно с ним были развиты исследовательской группой в Тулузе. Однако заслугой Фейгенбаума является то, что он выявил универсальные свойства сценария с удвоением периода и дал теоретическое обоснование, впервые используя для задач нелинейной динамики метод ренормгруппы.

Так же, как Рюэль и Такенс, Фейгенбаум при описании перехода к турбулентности не воспользовался явным видом уравнений гидродинамики. Внимание было сосредоточено на топологических и структурных характеристиках моделей. Рассмотренные модели демонстрируют универсальные черты при переходе к хаотическому движению, такие как странные аттракторы, универсальность Фейгенбаума. Именно наличие этих черт в значительной степени способствовало осознанию того, что переход к хаотической динамике осуществляется с помощью очень ограниченного, небольшого числа сценариев.

Отметим определённое идейное сходство сценария Фейгенбаума с моделью Ричардсона–Колмогорова, с одной стороны, и Ландау–Хопфа, с другой. Только в сценарии Фейгенбаума последовательность бифуркаций приводит к периодическому движе-

нию с быстро нарастающим периодом. В сценариях Фейгенбаума и Ландау–Хопфа с ростом числа бифуркаций происходит экспоненциальный рост продолжительности цикла Пуанкаре. Объединяющим началом во всех трёх моделях является идея самоподобия. Отсюда просматриваются взаимосвязи между моделью Фейгенбаума и странными аттракторами и ещё одним ключевым понятием нелинейной динамики – фракталами.

В своей широко известной книге «Фрактальная геометрия природы» Б. Мандельброт, вспоминая о пути к фракталам, указывает, что проблема турбулентности оказала на него определённое влияние, хотя и не решающее. Очень любопытно другое замечание Мандельброта: «Геометрический аспект этой теории масштабной инвариантности приобрёл большую значимость и дорос до фрактальной геометрии. Учитывая сильный геометрический уклон первых исследований турбулентности и критических феноменов, можно было бы ожидать, что теория фракталов будет разработана в рамках одной из этих областей. Этого, однако, не произошло» [18. С. 587]. Здесь мы имеем дело с ещё одним случаем «упущенных возможностей» в духе Ф. Дайсона [61].

Фрактальная геометрия имеет самое непосредственное отношение к динамическому хаосу. По определению Мандельброта «фрактальное множество это такое, для которого размерность Хаусдорфа–Безиковича больше топологической размерности» [62. С. 47]. Характерным свойством странных аттракторов является их фрактальная структура. В модели Фейгенбаума при удвоении периода точка накопления каскада бифуркаций (критическая точка Фейгенбаума) представляет момент перехода от порядка к хаосу для очень большого числа нелинейных динамических систем. Аттрактор Фейгенбаума, реализующийся в этой точке, представляет собой фрактальное множество с совершенно нетривиальными свойствами [63]. Его конечными аппроксимациями являются 2^n -предельные циклы.

Новые идеи и методы, пришедшие из теории динамических систем и турбулентности, стали влиять на самые разные области физики. В качестве примера укажем на теорию элементарных частиц [64]. Имеются данные, что за наблюдаемые распределения адронов может быть ответственна динамика удвоения периода, приводящая при асимптотически высоких энергиях к аттрактору Фейгенбаума. Было установлено, что универсальности Фейгенбаума удовлетворяет широкий класс нелинейных дифференциальных уравнений. Парадоксальность ситуации состоит в том, что появляется возможность предсказания ряда особенностей поведения решений уравнений, когда сами уравнения неизвестны.

Переход к хаосу через перемежаемость. Развитие нелинейной динамики привело ещё к одному сценарию возникновения турбулентного движения, получившего название сценария Помо–Манневилья или перехода к хаосу через перемежаемость [65–66, 55]. И. Помо, сотрудник Французского комиссариата по атомной энергии (СЕА), был одним из немногих физиков, кто сразу обратил внимание на концепцию странных аттракторов Рюэля–Такенса. Он познакомился с теорией динамических систем и испытал влияние идей Тома, Смейла, Рюэля. Однако Помо осознавал, что для объяснения перехода к турбулентности одних математических моделей недостаточно, требуется привлечение эмпирических данных. Толчок дали эксперименты П. Берже и М. Дюбуа из того же СЕА, которые при изучении конвекции Рэлея–Бенара сделали любопытное наблюдение: амплитуда скорости конвекции демонстрировала перемежающиеся периодические осцилляции во времени. Вычислительный эксперимент, проведённый Помо, подтвердил наличие перемежающихся всплесков. Вместе с молодым теоретиком из СЕА П. Манневилем Помо построил модель перехода к турбулентности, ставшую известной как сценарий Помо–Манневилья.

Помо и Манневиль исходили из системы Лоренца и обнаружили, что при значении параметра $r < 166$ компонента $y(t)$ показывает устойчивое периодическое движение. При незначительном превышении критического значения $r_c = 166$ осцилляции прерывались хаотическими всплесками, ламинарные движения перемежались кратковременными турбулентными импульсами. С ростом параметра r длительность ламинарных периодов уменьшалась, соответственно увеличивалась частота появления турбулентных импульсов. Последовательность бифуркаций, приводящая к такой картине, иная, чем в моделях Рюэля–Такенса и Фейгенбаума. Сценарий Помо–Манневилья связан с седловой бифуркацией, когда при столкновении устойчивой и неустойчивой неподвижных точек они обе исчезают, перейдя в комплексную плоскость. Значения параметра $r > r_c$ соответствуют неподвижной точке отображения Пуанкаре, для которой имеются три возможных пути потери устойчивости. Поэтому Помо и Манневиль рассмотрели три типа перемежаемости – три пути перехода к хаосу. Уже такая грубая картина как аппроксимация турбулентных течений конечномерными динамическими системами способствовала выявлению важнейшей характерной черты – наличия разных путей перехода к турбулентности [55].

Стохастическая паутина. Другой главный результат нелинейной динамики заключается в осознании того факта, что порядок и хаос в реальных системах не встречаются в «чистом» виде.

Реальные системы являются неоднородными, в них имеются области как с регулярным, так и с хаотическим движением. В гамильтоновом случае такие системы называются системами с разделённым фазовым пространством [4]. Сосуществование областей с регулярным и хаотическим движением представляет одну из самых интересных особенностей хаоса и одновременно является главным препятствием для математически строгого описания. Турбулентные течения также характеризуются не только пространственно-временным хаосом, в них присутствуют упорядоченные структуры.

Упорядоченные структуры в течениях жидкости известны давно. В качестве примера можно назвать вихревую дорожку Кармана. В настоящее время большое число теоретических и экспериментальных исследований посвящено изучению различных структур в турбулентных течениях (см., например, [67–70]). Произошёл поворот в сторону вопросов соотношения детерминированного и хаотического начал. К одному из самых удивительных проявлений связи между хаосом и упорядоченностью привели исследования хаотической динамики в гамильтоновых системах [71–73].

Этот подход родился из нелинейных задач плазменной физики, и главные заслуги принадлежат Г.М. Заславскому с сотрудниками. Одной из таких задач, очень важной для физических приложений, была проблема разрушения магнитных поверхностей [74]. Разрушение происходит под действием возмущения, что приводит к образованию областей фазового пространства с хаотической динамикой. Эти области очень малы, однако при выполнении некоторых общих условий относительно размерности системы области хаоса неустранимы. Случай таких областей малой меры получил название слабого хаоса [73]. Слабый хаос может реализоваться в виде стохастических слоёв (область в окрестности сепаратрисы, в которой динамика является хаотической) или в виде стохастической паутины. С ростом возмущения увеличивается ширина стохастического слоя и при перекрытии щелей между сепаратрисами стохастические слои соединяются, что приводит к образованию стохастической паутины. Впервые возможность такой слабой неустойчивости в гамильтоновых системах была рассмотрена В.И. Арнольдом, и она известна как диффузия Арнольда [75, 4].

Диффузия Арнольда возможна при числе степеней свободы $n > 2$. В вырожденных системах, когда становится неприменимой теория КАМ, стохастическая паутина, или, как она часто именуется в зарубежной литературе, «паутина Заславского», существует уже при меньшей размерности, $n = 1,5$. Другое отличие

состоит в скорости диффузии, которая вдоль каналов значительно превосходит экспоненциально малую скорость диффузии Арнольда. Указанные отличия очень важны для многочисленных приложений в физике плазмы, физике ускорителей, в астрофизике и др.

Обратимся ещё к одной особенности паутины Заславского. В ряде случаев покрытие ею фазовой плоскости имеет замечательно симметричную форму, что характеризует неожиданную связь между совершенно разнородными явлениями, когда хаос формирует упорядоченность. На рис. 1 приведена одна из структур, образованных паутиной Заславского. Сразу же отметим наличие запрещённой в кристаллах симметрии 5-го порядка, здесь проглядывается сходство со структурами квазикристаллического типа [76]. Случайные блуждания образуют фигуры не только 5-го, но также 7-го и 8-го порядков.

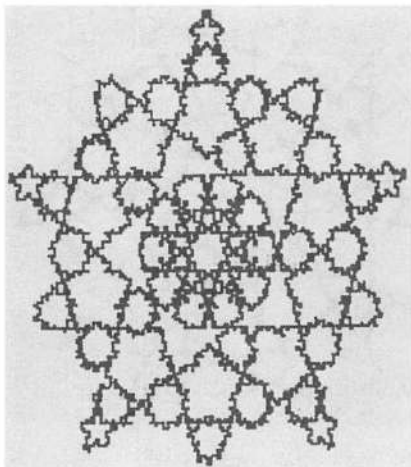


Рис. 1

Квазисимметрия широко распространена в природе. В данном случае она позволяет установить связи между столь различающимися физическими объектами, как фазовый портрет динамической системы и геометрическая структура стационарных течений жидкости в координатном пространстве [73]. Течения со структурой, имеющей симметрию или квазисимметрию, могут существовать в двумерной гидродинамике, однако этот случай довольно беден явлениями. Качественно новая ситуация появляется при переходе к трёхмерной гидродинамике, что проявляется в существовании хаотически расположенных в пространстве линий тока. Это явление называют лагранжевой турбулентностью, и она играет заметную роль в формировании представлений о зарождении турбулентности.

В предтурбулентной стадии, возникающие в жидкости структуры создают стохастическую паутину линий тока. В этом случае возбуждено небольшое число степеней свободы, и его можно описать конечным числом гармоник, которые получаются в результате разложения решения в ряд Фурье и обрезания ряда. Любой конечный ряд гармоник обладает свойством квазисиммет-

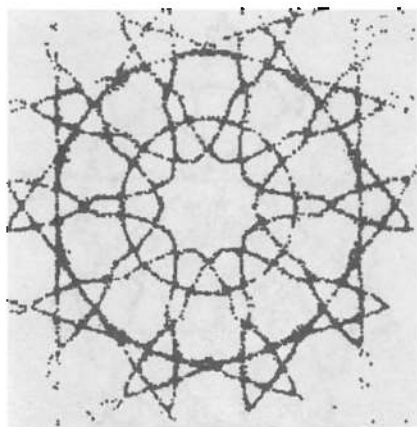


Рис. 2

рии. Трёхмерная задача соответствует динамической задаче с трёхмерным фазовым пространством. В стохастичности линий тока проявляется свойство универсальности, такая хаотичность должна быть типичной для трёхмерных течений, характеризующихся квазипериодичностью. Пример стохастической паутины, образуемой трёхмерным течением, приведён на рис. 2. Внутри паутины линии тока располагаются в пространстве хаотически, т.е. стационарные течения

создавая определённую структуру в пространстве, одновременно порождают области с хаотическим расположением линий тока в окрестности этой структуры. Подчеркнём, что, в отличие от первоначальных проявлений паутины Заславского, образование квазисимметричной гидродинамической паутины происходит не в фазовом пространстве частицы, а в обычном координатном пространстве.

Квазисимметрия не столь очевидна, как обычная симметрия, она возникает в результате взаимодействия вращательной и трансляционной симметрий [72]. Наличие динамической модели этого взаимодействия позволяет шире взглянуть как на свойства динамических систем, так и на свойства гидродинамических структур.

Плазменная турбулентность. Отметим ещё один аспект связи нелинейной динамики с гидродинамической турбулентностью. Последняя оказала непосредственное влияние на исследования по турбулентности в плазме. Плазма является уникальной нелинейной средой с большим разнообразием и необычностью физических свойств. Плазменная турбулентность занимает в физике плазмы центральное место. Понятие турбулентности применительно к плазме впервые появилось в работе [77], и теория плазменной турбулентности использовала понятия и методы гидродинамической турбулентности.

Применительно к плазме турбулентность используется в более широком смысле, чем в гидродинамике. При гидродинамической турбулентности взаимодействует большое число вихрей и происходит необратимая передача энергии от вихрей крупных масштабов к мелким. В плазме возбуждается большое число ко-

лебаний и волн, и турбулентность понимается как хаотическое пространственно-временное изменение параметров плазмы.

В общем случае взаимодействие между плазменными возмущениями является настолько сильным, что их даже приближённо нельзя считать независимыми. Здесь мы сталкиваемся с сильно нелинейными задачами. Однако вследствие сложности проблемы в качестве первого шага было предпринято рассмотрение слабой нелинейности, когда можно воспользоваться хорошо разработанными методами линейной физики.

При возбуждении колебаний с малой амплитудой их взаимодействие между собой является слабым, что позволяет в первом приближении рассматривать их как независимые. Здесь имеется малый параметр – отношение плотности энергии волн к плотности тепловой энергии, и учёт взаимодействия можно произвести по теории возмущений. Такое рассмотрение называется теорией слабой турбулентности. На этом пути была построена квазилинейная теория плазмы, предложенная А.А. Веденовым, Е.П. Велиховым и Р.З. Сагдеевым [78] и независимо В. Драммондом и Д. Пайнсом [79]. В указанных работах было получено кинетическое уравнение квазилинейной теории, представляющее уравнение типа Фоккера–Планка.

Исходным пунктом являются регулярные уравнения движения, и при кинетическом описании теряется часть содержащейся в них информации. Такое огрубление приводит к значительному упрощению в описании системы. При получении кинетических уравнений приходится выдвигать дополнительные гипотезы, вводящие в систему элемент случайности. Одну из гипотез представляет приближение хаотических фаз (ПХФ), что даёт возможность перехода к кинетическому описанию. Драммонд и Пайнс в своей работе [79] пошли стандартным путём, используя ПХФ.

В работе Веденова, Велихова и Сагдеева [78] имеется очень важное отличие. Они показали, что введение априори статистических гипотез типа ПХФ не является обязательным. К кинетическому описанию приводит стохастическая неустойчивость, элемент случайности появляется в результате действия нелинейных процессов. В работе [78] было сформулировано качественное условие возникновения хаотичности в динамической системе. Оно заключается в отсутствии частиц, захваченных какой-либо из волн волнового пакета. Дальнейшее изучение возникновения хаотической динамики при квазилинейном приближении было проведено Заславским с сотрудниками [80, 81].

Заключение. В конце 50-х – середине 70-х гг. были получены фундаментальные результаты: обнаружение динамического хаоса в реальных физических системах. Что касается объяснения

турбулентности, сегодня трудно сказать, насколько близко решение проблемы. Её до сих пор воспринимают как вызов в понимании макроскопической физики.

Одной из главных черт проблемы турбулентности является отсутствие определённого масштаба. Поэтому трудно воспользоваться путём, освоенным теоретической физикой и небесной механикой, когда удаётся сформировать малый параметр и развить различные методы теории возмущений. Турбулентность охватывает другой класс явлений. Дискуссионным остаётся вопрос о том, достаточно ли для описания турбулентности уравнений Навье–Стокса или же требуется их модификация, на что указывал ещё Лере.

Для решения проблемы турбулентности были приложены огромные усилия с привлечением большого разнообразия самых тонких и абстрактных математических инструментов. В этом смысле её можно сравнить с другой нетривиальной научной проблемой – задачей трёх тел. Они обе оказали необозримое влияние на развитие науки в целом. Для дальнейшего продвижения в решении проблемы, видимо, требуются кардинально новые идеи, что подчёркивалось рядом исследователей (см., например, [82, 83]).

В заключение хочу поблагодарить С.К. Бетяева за полезные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Моффат Г.* Некоторые направления развития теории турбулентности // Современная гидродинамика: Успехи и проблемы. М.: Мир, 1984. С. 49–76.
2. Турбулентные течения. М.: Наука, 1977. 124 с.
3. *Бетяев С.К.* Гидродинамика: Проблемы и парадоксы // Успехи физ. наук. 1995. Т. 165, № 3. С. 299–330.
4. *Чириков Б.В.* Исследования по теории нелинейного резонанса и стохастичности: Дис. ... д-ра физ. наук. Новосибирск, 1969. 314 с.
5. *Ламб Г.* Гидродинамика. М.; Л.: ОГИЗ, 1947. 928 с.
6. *Монин А.С., Яглом А.М.* О законах мелкомасштабных турбулентных движений жидкостей и газов // Успехи мат. наук. 1963. Т. 18, № 5. С. 93–114.
7. *Монин А.С., Яглом А.М.* Статистическая гидромеханика. Т. 1. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 692 с.
8. *Монин А.С., Яглом А.М.* Механика турбулентности // Механика в СССР. 1968–1972. М.: Физматгиз. Т. 2. С. 461–505.
9. *Мухин Р.Р., А.Н. Колмогоров* и статистическая теория турбулентности // Исследования по истории физики и механики, 2002. М.: Наука, 2003. С. 296–306.

10. Richardson L.F. Weather prediction by numerical process. Cambridge: Cambridge Univ. press, 1922.
11. Taylor G.I. Statistical theory of turbulence // Proc. Roy. Soc. London A. 1935. Vol. 151, N 873. P. 421–478.
12. Колмогоров А.Н. К работам по турбулентности. М.: Наука, 1985. 421 с. (Избр. тр.; Кн. 1).
13. Колмогоров А.Н. Локальная структура турбулентности в несжимаемой вязкой жидкости при очень больших числах Рейнольдса // Докл. АН СССР. 1941. Т. 30, № 4. С. 299–303.
14. Колмогоров А.Н. К вырождению изотропной турбулентности в несжимаемой вязкой жидкости // Там же. 1941. Т. 31, № 6. С. 538–541.
15. Колмогоров А.Н. Рассеяние энергии при локально-изотропной турбулентности // Там же. Т. 32, № 1. С. 19–21.
16. Вильсон К.Дж. Ренормализационная группа и критические явления // Успехи физ. наук. 1983. Т.141, № 2. С. 193–220.
17. Кузнецов С.П. Ренормхаос в системах, демонстрирующих удвоение периода // Нелинейные волны: Физика и астрофизика. М.: Наука, 1993. С. 286–299.
18. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М.: Ин-т комплекс. исслед., 2002. 656 с.
19. Leray J. Etude de diverses équations intégrales non linéaires et de quelques problèmes que pose l'hydrodynamique // J. math. pures et appl. 1933. Vol. 12. P. 1–82.
20. Leray J. Essai sur le mouvements plans d'un liquide visqueux que limitent des parois // Ibid. 1934. Vol. 13. P. 341–418.
21. Leray J. Essai sur le mouvements d'un liquide visqueux emplissant l'espace // Acta math. 1934. Vol. 63. P. 193–248.
22. Марсден Дж. Соотношение между уравнениями Навье–Стокса и турбулентностью // Странные аттракторы. М.: Мир, 1981. С. 7–20.
23. Смейл С. Математические проблемы следующего столетия // Современные проблемы хаоса и нелинейности. М.: Ижевск: РХД, 2002. С. 280–303.
24. Mathematical foundation of turbulent viscous flows: CIME summer school, Martina Franca, Italy, September, 2003: Sci. rep. 2003. P. 3–4.
25. Ландау Л.Д. К проблеме турбулентности // Докл. АН СССР. 1944. Т. 44, № 8. С. 339–342.
26. Hopf E. A mathematical example displaying: the features of turbulence // Commun. Pure and Appl. Math. 1948. Vol. 1. P. 303–322.
27. Arnold V.I. Kolmogorov's hydrodynamic attractors // Proc. Roy. Soc. London. A. 1991. Vol. 434. P. 19–22.
28. Арнольд В.И. Некоторые нелинейные задачи // Арнольд В.И. Избранное-60. М.: Фазис, 1997. С. 305.
29. Арнольд В.И. Об А.Н. Колмогорове // Там же. С. 654–677.
30. Арнольд В.И. Математические задачи в классической физике // Там же. С. 553–574.
31. Арнольд В.И., Мешалкин Л.Д. Семинар А.Н.Колмогорова по избранным вопросам анализа (1958–59) // Успехи мат. наук. 1960. Т. 15, № 1. С. 247–250.

32. Arnold V., Khesin B. Topological methods in hydrodynamics. N.Y.: Springer, 1998. 374 p.
33. Михлин С.Г. Вариационные методы в математической физике. М.: Гостехиздат, 1957. 512 с.
34. Lorenz E. Deterministic nonperiodic flow // J. Atmos. Sci. 1963. Vol. 20. P. 130–141.
35. Dahan Dalmedico A. History and epistemology of models: Meteorology (1946–1963) as a case study // Arch. Hist. Sci. 2001. Vol. 5. P. 395–422.
36. Lorenz E. The statistical prediction of solutions of dynamic equations // Proc. Intern. symp. on numerical weather prediction in Tokyo, November, 1960. Tokyo: Meteorol. Soc. of Japan, 1962. P. 629–635.
37. Nemytskii V.V., Stepanov V.V. Qualitative theory of differential equations. Princeton: Princeton Univ. press, 1960.
38. Глейк Дж. Хаос. СПб.: Амфора, 2001. 400 с.
39. Ильяшенко Ю.С. Слабо сжимающие системы и аттракторы галеркинских приближений уравнения Навье–Стокса // Успехи мат. наук. 1981. Т. 36, № 3. С. 243–244.
40. Бабин А.В., Вишик М.И. Аттракторы эволюционных уравнений с частными производными и оценки их размерности // Там же. 1983. Т. 38, № 4. С. 133–187.
41. Обухов А.М. Об интегральных инвариантах в системах гидродинамического типа // Докл. АН СССР. 1969. Т. 184, № 2. С. 309–312.
42. Нелинейные системы гидродинамического типа / Под ред. А.М. Обухова. М.: Наука, 1974. 160 с.
43. Ruelle D., Takens F. On the nature of turbulence // Commun. Math. Phys. 1971. Vol. 20. P. 167–192. Рус. пер.: Странные аттракторы. М.: Мир, 1981. С. 117–151.
44. Рюэль Д. Случайность и хаос. М.; Ижевск: РХД, 2001. 192 с.
45. Ланфорд О.Е. Странные аттракторы и турбулентность // Гидродинамические неустойчивости и переход к турбулентности: Сб. ст. М.: Мир, 1984. С. 22–46.
46. Рихтмайер Р. Принципы современной математической физики. Т. 2. М.: Мир, 1984. 382 с.
47. Peixoto M. Structural stability on two-dimensional manifolds // Topology. 1962. Vol. 1, N 2. P. 101–120.
48. Андронов А.А., Понтрягин Л.С. Грубые системы // Докл. АН СССР. 1937. Т. 14, № 5. С. 247–252.
49. Smale S. Differentiable dynamical systems // Bull. Amer. Math. Soc. 1967. Vol. 73. P. 747–817.
50. McLaughlin J.B., Martin P.C. Transition to turbulence of a statistically stressed fluid // Phys. Rev. Lett. 1974. Vol. 33. P. 1189–1192.
51. Gollub J.P., Swinney H.L. Onset of turbulence in a rotating fluid // Ibid. 1975. Vol. 35. P. 927–930.
52. Li T., Yorke J.A. Period three implies chaos // Amer. Math. Monthly. 1975. Vol. 82. P. 985–992.
53. Aubin D., Dahan Dalmedico A. Writing the history of dynamical systems and chaos: Longue Duree and revolution, disciplines and cultures // Hist. Math. 2002. Vol. 29. P.273–339.

54. *Newhouse S.E., Ruelle D., Takens F.* Occurrence of strange axiom A attractors near quasi-periodic flows on T_m ($m = 3$ or more) // *Commun. Math. Phys.* 1978. Vol. 64. P. 35–40.
55. *Eckmann J.-P.* Roads to turbulence in dissipative dynamical systems // *Rev. Mod. Phys.* 1981. Vol. 53, N 4, pt 1. P. 643–654. Рус. пер.: Синергетика: Сб. статей. М.: Мир, 1984. С. 190–219.
56. *Пайс А.* Митчелл Джей Фейгенбаум // *Пайс А. Гении науки. М.: Ин-т комплекс. исслед., 2002. С. 110–136.*
57. *Фейгенбаум М.* Универсальность в поведении нелинейных систем // *Успехи физ. наук.* 1983. Т. 141, № 2. С. 343–374.
58. *Feigenbaum M.J.* Quantitative universality for a class on nonlinear transformations // *J. Stat. Phys.* 1978. Vol. 19, N 1. P. 25–52.
59. *Feigenbaum M.J.* The universal metric properties of nonlinear transformations // *Ibid.* 1979. Vol. 21, N 6. P. 669–706.
60. *Mira C.* Some historical aspects of nonlinear dynamics: possible trends for the future // *Intern. J. Bifurcation and Chaos.* 1997. Vol. 7, N 9. P. 2145–2173.
61. *Дэйсон Ф.* Упущенные возможности // *Успехи мат. наук.* 1980. Т. 35, № 1. С. 171–191.
62. *Мандельброт Б.* Фракталы и турбулентность: Аттракторы и разброс // *Странные аттракторы. М.: Мир, 1981. С. 47–57.*
63. *Кузнецов С.П.* Динамический хаос. М.: Физматлит, 2001. 296 с.
64. *Батунин А.В.* Фрактальный анализ и универсальность Фейгенбаума в физике адронов // *Успехи физ. наук.* 1995. Т. 165, № 6. С. 645–660.
65. *Pomeau Y., Manneville P.* Intermittent transition to turbulence in dissipative dynamical systems // *Commun. Math. Phys.* 1980. Vol. 74. P. 189–197.
66. *Manneville P., Pomeau Y.* Different ways to turbulence in dissipative dynamical systems // *Physica D.* 1980. P. 219–226.
67. *Ланда П.С.* Гидродинамическая турбулентность и когерентные структуры // *Изв. вузов. Прикл. нелинейная динамика.* 1995. Т. 3, № 2. С. 4–5.
68. *Монин А.С.* О когерентных структурах в турбулентных течениях: Этюды о турбулентности. М.: Наука, 1994. 292 с.
69. *Aranson I.S., Gaponov-Grekhov A.V., Rabinovich M.I.* The onset and spatial development of turbulence in flow systems // *Physica D.* 1988. Vol. 33. P. 1–20.
70. *Климонтович Ю.Л.* Что такое турбулентность? // *Изв. вузов. Прикл. нелинейная динамика.* 1995. Т. 3, № 2. С. 7–37.
71. *Заславский Г.М., Захаров М.Ю., Сагдеев Р.З.* и др. Стохастическая паутина и диффузия частиц в магнитном поле // *ЖЭТФ.* 1986. Т. 91, № 5. С. 500–516.
72. *Заславский Г.М., Сагдеев Р.З., Усиков Д.А., Черников А.А.* Минимальный хаос, стохастическая паутина и структура с симметрией «квазикристалл» // *Успехи физ. наук.* 1988. Т. 156, № 2. С. 193–251.
73. *Заславский Г.М., Сагдеев Р.З., Усиков Д.А., Черников А.А.* Слабый хаос и квазирегулярные структуры. М.: Наука, 1991. 236 с.

74. *Filonenko N.N., Sagdeev R.Z., Zaslavsky G.M.* Destruction of magnetic surfaces by magnetic field irregularities. Pt II // *Nucl. Fusion.* 1967. Vol. 7. P. 253–266.
75. *Арнольд В.И.* О неустойчивости систем со многими степенями свободы // *Докл. АН СССР.* 1964. Т. 156, № 1. С. 9–12.
76. *Shechtman D., Bleh I., Gratias D., Cahn I.W.* Metallic phase with long-range orientational order and no translational symmetry // *Phys. Rev. Lett.* 1984. Vol. 53. P. 1951–1953.
77. *Bohm D., Burshop E.* The characteristics of electrical discharges in magnetic field. N.Y., 1949.
78. *Веденов А.А., Велихов Е.П., Сагдеев Р.З.* Нелинейные колебания разреженной плазмы // *Ядер. синтез.* 1961. Т. 1, № 1. С. 82–105.
79. *Drummond W.E., Pines D.* Nonlinear stabilization of plasma oscillations // *Nucl. Fusion Suppl.* 1962. N 3. P. 1049.
80. *Заславский Г.М., Филоненко Н.Н.* Стохастическая неустойчивость захваченных частиц и условия применимости квазилинейного приближения // *ЖЭТФ.* 1968. Т. 54, № 5. С. 1590–1602.
81. *Заславский Г.М., Черников А.А.* Групповой резонанс, универсальное отображение и стохастическая динамика частиц // *Нелинейные волны: Структуры и бифуркации.* М.: Наука, 1987. С. 213–227.
82. *Sinai Ya.G.* Mathematical problems of turbulence // *Physica A.* 1999. Vol. 263. P. 565–566.
83. *Синай Я.Г.* Как математики изучают хаос // *Мат. просвещение.* 2001. Вып. 5. С. 32–46.

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН

**(от первых наблюдений до установления
цикла солнечной активности)**

1. ПЕРВЫЕ УПОМИНАНИЯ О НАБЛЮДЕНИЯХ ПЯТЕН НА ДИСКЕ СОЛНЦА

Первое упоминание о наблюдениях солнечных пятен датируется серединой четвертого века до нашей эры и приписывается Теофрасту из Афин (370–290 гг. до н.э.), ученику Аристотеля.

Упоминание о солнечных пятнах встречаются в династических рукописях Чу (Chou), которые относят к 165 г. до н.э. [1. Р. 358–359].

В «Метаморфозах» Публия Овидия Назона (Ovidius Naso) (43 г. до н.э. – 18 г. н.э.) [2. С. 432; 789–790] упоминаются тёмные образования на Солнце: «Бледен был Светоносец, и лик его тёмным усеян крапом», – принятые за знамение смерти Юлия Цезаря, который был убит 15 марта 44 г. до н.э.

В период с 28 г. до н.э. по 1638 г. н.э. в официальных китайских хрониках описано более 120 наиболее крупных солнечных пятен. Ранние записи о солнечных пятнах встречаются в летописях Японии и Кореи [3. Р. 11].

Абу-эль-Фадль Джафар ибн аль-Муктафи (906–977 гг. н.э.) отметил, что философ аль-Кинди (al-Kindi) наблюдал пятно в мае 840 г. н.э. и принял его за Венеру, проходящую по диску Солнца.

В 807 г. было видно большое солнечное пятно, которое наблюдали в течение восьми дней [1. Р. 359]. Астрономы того времени приняли его за прохождение Меркурия по диску Солнца, тем самым, сохранив представление о Солнце как идеальном теле.

Аналогичное пятно описывалось в работе Эйнгарда (Einhard) «Жизнь Карла Великого»: повествуя о последних годах жизни императора, автор отметил: «Приближение его кончины было отмечено многими знаменьями, так что не только другие, но и он сам видели в них угрозу. На протяжении трех последних лет его жизни случались частые затмения солнца и луны. Помимо этого на солнце видели черное пятно в течение семи дней» [4. С. 30–31]. Так как Карл Великий скончался 28 января 814 г., то семь дней, в течение которых наблюдалось описанное пятно, приходится на период с 811 по 814 гг. Значит, эти «чёрные пятна» не могли быть

В описании 1371 г. (г. 6579) указано, что на Солнце были чёрные пятна похожие на гвозди [Там же. С. 15; 6. С.534].

В 1590 г. наблюдались солнечные пятна, которые были описаны в судовом журнале английского капитана, когда его корабль отходил от западных берегов Африки. Там было написано, что 7 декабря капитан и его команда увидели большое чёрное пятно. Оно не исчезало в течение восьми суток. Величина этого пятна была с шиллинг... 16 декабря во время заката Солнца они снова увидели солнечное пятно, которое отличалось по размерам от наблюдаемого ранее [1. Р. 360].

Солнечные пятна наблюдались регулярно, делались заметки по их наблюдениям, однако весь этот материал содержался в источниках, не имевших научной ценности в то время. Именно поэтому широко распространённое убеждение в том, что Солнце совершенно, сохранялось до эры появления телескопов: даже Иоганн Кеплер (Kepler) (1571–1630) ошибочно принял пятно, наблюденное им 18 мая 1607 г., за прохождение Меркурия по диску Солнца [3. Р. 11].

2. ПЕРВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН С ПОМОЩЬЮ ТЕЛЕСКОПА

Исследования в области физики Солнца начались в 1611 г., когда солнечные пятна впервые наблюдались при помощи телескопа. Первыми среди этих исследователей были Иоганн Гольдшмидт (Goldschmidt) (1587–1616) в Голландии, Галилео Галилей (Galilei) (1564–1642) в Италии, Христофор Шайнер (Scheiner) (1575–1650) в Германии и Томас Харриот (Harriot) (1560–1621) в Англии.

Самое первое наблюдение солнечного пятна через телескоп датируется числом 18 декабря 1610 г. В этот день Томас Харриот в Сайоне (Syon), недалеко от Лондона, направил свой телескоп на Солнце. Комментарии Харриота, сопровождающие эскиз (рис. 2), говорят только об условиях проводимых наблюдений. Он писал, что наблюдения проводились в 10 часов утра, когда Солнце было поднято на $7-8^\circ$ над горизонтом; оно представляло собой большой красный мяч: «Я видел его дважды ... один раз правым, другой раз – левым глазом, на протяжении одной минуты. До того, как Солнце станет ярким, чтобы не испортить глаза [1. Р. 368]. Он рассматривал проблему наблюдения за Солнцем.

Дальнейшие наблюдения Харриота также сопровождались набросками с комментариями, в которых говорилось только о сопутствующих факторах: о погоде; об инструментах, которые использовались; о том, сколько раз проводились наблюдения

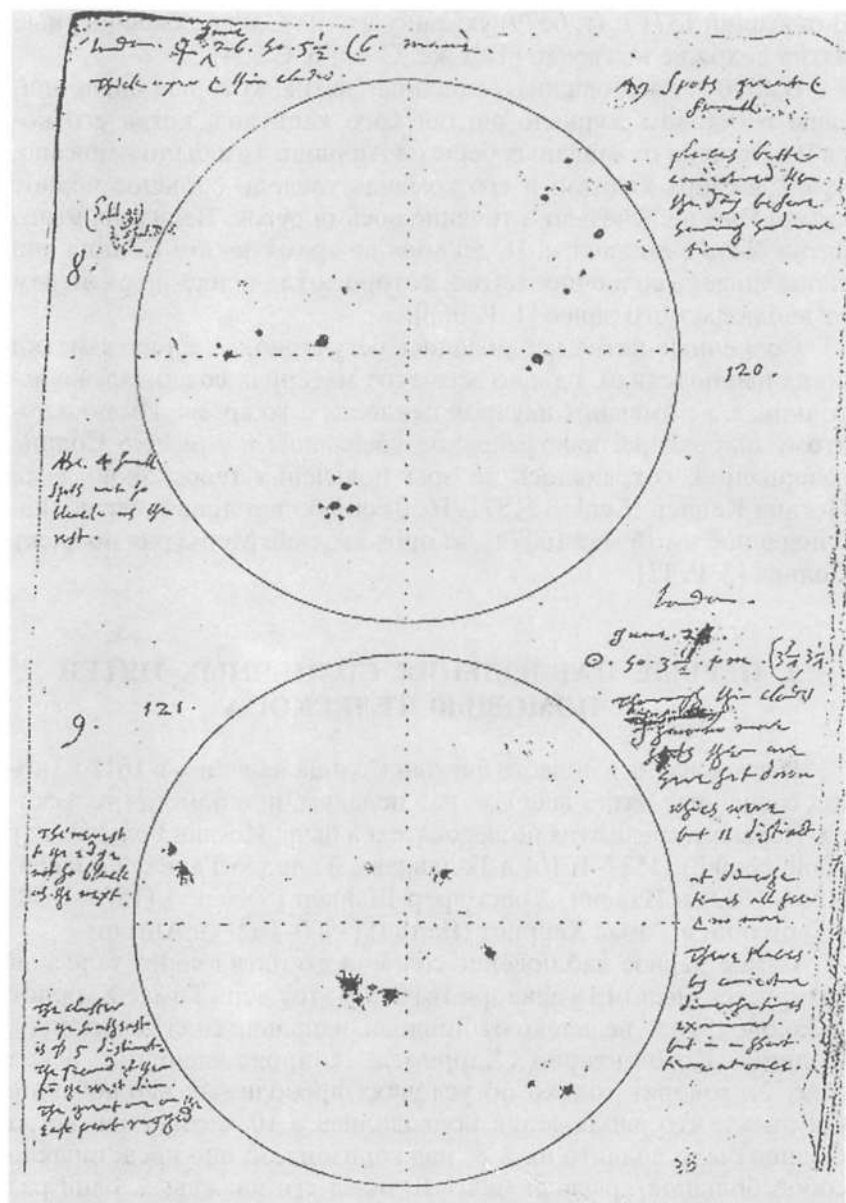


Рис. 2. Рисунки солнечного диска Томаса Харриота (декабрь 1610 г.)

правым и левым глазом. Однако описания солнечных пятен, их вида, динамики не было.

Наблюдения за солнечными пятнами в это время проводились следующими способами:

- 1) невооруженным глазом;
- 2) проецированием Солнца на противоположную стену в абсолютно тёмной комнате с помощью отверстия;

- 3) применением затененных линз в телескопе;

- 4) проекцией изображения, создаваемого телескопом, на экран.

Следующий первооткрыватель, голландец Гольдшмид, более известный под именем Фабрициус (Fabricius), был сыном любителя астрономии, который дружил с Иоганном Кеплером. Хотя инструмент Йоханнеса Фабрициуса был хуже, чем у Галилея и Шайнера, он сделал вывод, что Солнце должно вращаться. По-видимому, он не оценил важности своего открытия и в дальнейшем не продолжал эти исследования.

Галилео Галилей сделал рисунки солнечных пятен, на которых чётко прослеживается динамика групп этих пятен, области тени и полутени пятен (рис. 3) [Ibid. P. 374]. Однако он не спешил с публикацией своего открытия. Причина, по которой Галилей задерживал печать своих собственных результатов, объясняется в его первом письме Марку Вельзеру (Marcum Velsorum), аугсбургскому патрицию и бургомистру: «И я, действительно, должен быть более осторожен и осмотрителен по сравнению с другими в предсказании нового. Как Ваше Превосходительство хорошо знает, некоторые недавние открытия, которые отличаются от распространённых взглядов, шумно отрицались и опровергались, что принуждает меня молчать о любой моей новой идее до тех пор, пока я не исследую её окончательно» [7. С. 121].

Христофор Шайнер, увидев пятна, предположил, что это дефект телескопа, однако позже учёный убедился, что тёмные образования существуют реально. Доложив о своём открытии церковному начальнику, он встретил неприязнь и недоверие. Позже Шайнер изложил свои наблюдения в трёх анонимных письмах, адресованных Марку Вельзеру, который опубликовал их, озаглавив «Tres epistolae de maculis solaribus scriptae ad Marcum Velsorum,

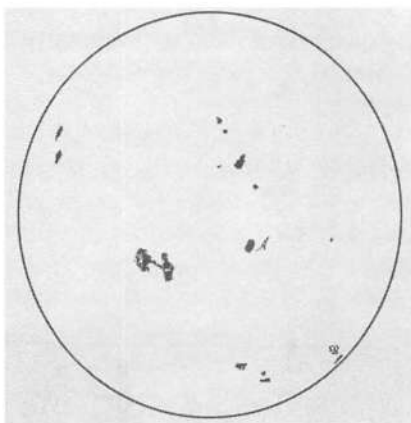


Рис. 3. Пятна на солнечном диске (рисунок Галилео Галилея)

Augustae Vindelicorum ill. virum praefectum cum observationum iconismis».

Шайнер проводил наблюдения за Солнцем длительное время и обнаружил, что пятна появляются только в узкой полосе, которую он назвал «королевской зоной», простирающейся на 30° по обе стороны от экватора Солнца. Собрание его трудов было опубликовано в 1630 г. под названием «Rasa Ursina sive Sol» [8]. Зарисовки пятен (рис. 4), помещённые в этой книге и в основном охватывающие период с 1625 по 1627 г., являются наиболее важным научным вкладом Шайнера. Именно эти рисунки помогли проследить ход цикла солнечной активности вплоть до начала первых телескопических наблюдений описываемого явления.

3. ОСНОВНЫЕ ТЕОРИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРИРОДЫ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН

Многие астрономы считали, что пятна – это Венера и Меркурий, проходящие по диску Солнца; однако пятна были слишком многочисленными для того, чтобы это утверждение было верным.

Христофор Шайнер сначала считал, что солнечные пятна – это маленькие планеты, обращающиеся вокруг Солнца; позже предполагал, что тёмные образования – это сгустки земной атмосферы, которые проектируются на диск Солнца.

Галилео Галилей в своих исследованиях сразу отбросил предположение, что тёмные образования на диске Солнца могут являться маленькими планетами, обращающимися вокруг Солнца, указав, что эта гипотеза несовместима с наблюдениями изменения их размеров и формы. Он отмечал, что пятна часто объединяются в группы и в пределах группы движутся друг относительно друга. В приложении к работе «Рассуждение о телах, пребывающих в воде, и о тех, которые в ней движутся», написанной в 1713 г., Г. Галилей пишет, что «обратил внимание на тёмные пятна, появляющиеся на солнечном диске; они, меняя своё положение на нём, указывают на то, что Солнце обращается вокруг своей оси, или на то, что другие звёзды, подобные Венере и Меркурию, обращаются вокруг него, и становятся видимыми благодаря своим малым, менее Меркурия, размерам только в том положении, когда они становятся между Солнцем и нашим глазом... Продолжительные наблюдения убедили [меня]... в том, что эти пятна суть вещество, связанное с поверхностью солнечного тела; они то появляются на ней в большом количестве, то расплываются, одни быстрее, другие медленнее, перемещаясь вместе с обраще-

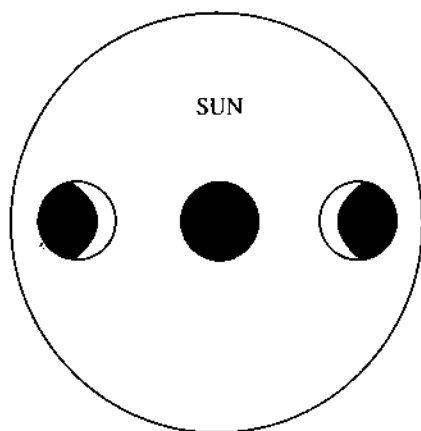


Рис. 5. Движения «Бурбоновых тел» по диску Солнца (рисунок Ж. Тарда)

нием Солнца вокруг своей оси, что совершается приблизительно в один лунный месяц» [9. С. 42].

Интересная теория природы пятен была предложена Жаном Тардом (Tarde) (1561–1636), нашедшая в то время много сторонников. На основе своих наблюдений Тард в 1619 г. создал теорию. Она была опубликована в 1720 г. на латинском языке под названием «*Borbonia sidera*», а двумя годами позже на французском – «*Astres de Borbon*». В ней автор утверждает,

что солнечные пятна представляют собой тела, расположенные на орбите Солнца. Он назвал их «Телами Бурбонов», желая польстить правящей династии и заработать денег [10. Р. 46].

Тард склонялся к тому, что солнечные пятна находятся либо на поверхности Солнца, либо в его атмосфере. Он подробно описал их свойства, положения и сделал выводы, к которым он пришел на основании своих наблюдений. Он утверждал, что:

1) тёмные образования на диске Солнца являются малыми планетами, которые обращаются на близком расстоянии от Солнца;

2) их количество достаточно велико (не менее 30), так как он видел многие пятна одновременно 25 августа 1615 г;

3) «Бурбоновы тела» не испускают свет, а только отражают свечение дневного светила;

4) малые размеры их орбит вокруг Солнца означают, что в разное время «Бурбоновы тела» оказываются либо спереди, либо позади него;

5) они могут изменять свою форму подобно Венере и Луне (рис. 5).

Диаграмма, которую представил Тард, показывала, почему солнечные пятна меньше на кромке солнечного диска и больше в его центре (рис.6). Он утверждал, что яркость свечения Солнца препятствовала наблюдению «Бурбоновых тел».

В 1633 г. была опубликована работа бельгийца Шарля Малопера (Malapert), содержащая защиту теории малых планет, движущихся вокруг Солнца. Она посвящалась Филиппу IV Испанскому. Малопер назвал свои планеты «Австрийскими звёздами».

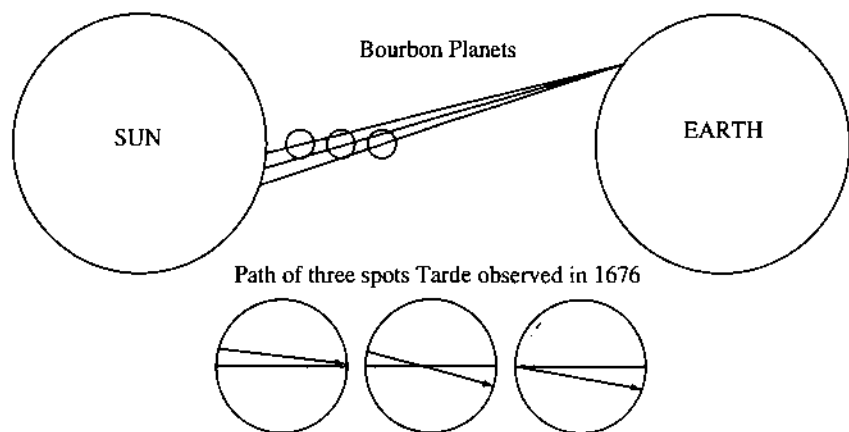


Рис. 6. Объяснение изменения размеров «Бурбоновых тел» на диске Солнца (диаграмма Тарда)

В тот же год известный немецкий астроном Атанасиус Кирхер (Kircher) тоже выступал в защиту планетарной теории пятен.

Таким образом, можно отметить, что теория природы солнечных пятен Г. Галилея встретила ряд противников, утверждавших, что тёмные образования на Солнце – это малые планеты, вращающиеся вокруг дневного светила.

С 1645 г. началось исчезновение солнечных пятен, теперь известное как «Минимум Маундера», названный именем астронома Эдуарда Уолтера Маундера (1851 – 1928) (Maunder), собравшего доказательства о существовании периода очень низкой активности Солнца между 1645 и 1715 годами, когда на его диске почти не было пятен. В связи с этим дискуссии о пятнах на Солнце утихли.

4. ОТКРЫТИЕ ЭФФЕКТА ВИЛЬСОНА

Первый этап в изучении солнечных пятен закончился в 1630 г. публикацией указанной выше работы «Rosa Ursina sive Sol» Шайнера. После этого интерес к солнечным пятнам, по-видимому, упал, и не было сделано существенных открытий вплоть до 1769 г., когда внимание Александра Вильсона (Wilson) (1714–1786), профессора астрономии университета в Глазго, привлекло очень большое пятно вблизи западного края Солнца, которое он увидел 22 ноября. Сначала пятно имело полутень, одинаковую по ширине; по мере того как пятно приближалось к лимбу, Вильсон заметил, что полутень на стороне, удаленной от

лимба, постепенно сужалась и наконец полностью исчезла. Примерно через две недели пятно приблизилось к восточному краю. Аналогичное наблюдение было зафиксировано с обратной стороны пятна. Это явление наблюдалось Вильсоном и в других пятнах. Позже оно будет названо «эффектом Вильсона» [3. С. 16–17].

Чтобы объяснить свои наблюдения, Вильсон выдвинул гипотезу, что пятна представляют собой углубления в солнечной поверхности, имеющие форму блюдца, образованные частичным удалением светящейся материи, покрывающей, как он полагал, тёмную и твёрдую внутреннюю часть Солнца. Работа Вильсона, таким образом, является первым физическим исследованием свойств солнечных пятен.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Цикличность появления солнечных пятен была установлена датским астрономом Горребовым в XVIII в. в результате наблюдений за Солнцем с 1761 по 1769 г. Однако материалы Горребова погибли во время обстрела Копенгагена эскадрой адмирала Нельсона в 1805 г.

В первой половине XIX в. в среде астрономов возникла гипотеза, согласно которой должна существовать ещё одна внутренняя планета, орбита которой находится между Солнцем и орбитой Меркурия. Такая планета по законам небесной механики должна время от времени проходить по диску Солнца и казаться пятном. Поскольку период обращения такой планеты меньше, чем период осевого вращения Солнца, то это пятно должно было отставать от солнечных пятен, вращающихся вместе с Солнцем.

Много любителей астрономии проводили ежедневные наблюдения за Солнцем. Одним из таких любителей был австрийский врач Генрих Самуэль Швабе (Schwabe) (1789–1875) из Дессау (Германия). Он вёл ежедневный подсчёт количества тёмных образований на диске Солнца, наблюдаемых с помощью телескопа в течение 24 лет; однако планета не была обнаружена. Скопился громадный материал по ежедневному наблюдению количества пятен на диске Солнца, который Швабе занёс в таблицу, где отражалось сколько дней в году проводились наблюдения, количество групп на диске Солнца в течение года, а также сколько дней было без пятен. Эта таблица содержит материал по периоду с 1826 по 1850 г. Он был опубликован Александром Гумбольдтом (Humboldt) (1769–1859) в 1851 г. в его знаменитом тру-

Таблица I [11. С 344]

Годы	Число групп	Число дней без пятен	Число дней наблюдения
1826	118	22	277
1827	161	2	273
1828	225	0	282
1829	199	0	244
1830	190	1	217
1831	149	3	239
1832	84	49	270
1833	33	139	267
1834	51	120	273
1835	173	18	244
1836	272	0	200
1837	333	0	168
1838	282	0	202
1839	162	0	205
1840	152	3	263
1841	102	15	283
1842	68	64	307
1843	34	149	312
1844	52	111	321
1845	114	29	332
1846	157	1	314
1847	257	0	276
1848	330	0	278
1849	238	0	285
1850	186	2	308

де «Космос» (табл. 1) [11]. В результате наблюдений Солнца Швабе обнаружил период изменения числа пятен на Солнце длительностью примерно в 10 лет.

Известие об открытии Швабе заинтересовало англичанина Ричарда Кристофера Каррингтона (Carrington) (1826 – 1875). В течение 1853–1861 гг. он провёл большое число наблюдений за солнечными пятнами, которые и были опубликованы в 1863 г. при содействии Королевского общества в классической монографии «Наблюдения пятен на Солнце». Одним из важнейших вкладов Кэррингтона в физику Солнца было установление факта, что средняя широта пятен постепенно уменьшается от начала к концу каждого цикла.

Открытия Швабе и Каррингтона вскоре получили подтверждение. Рудольф Вольф (Wolf) (1816–1893) из Берна исследовал все записи наблюдений солнечных пятен со времен Галилея и

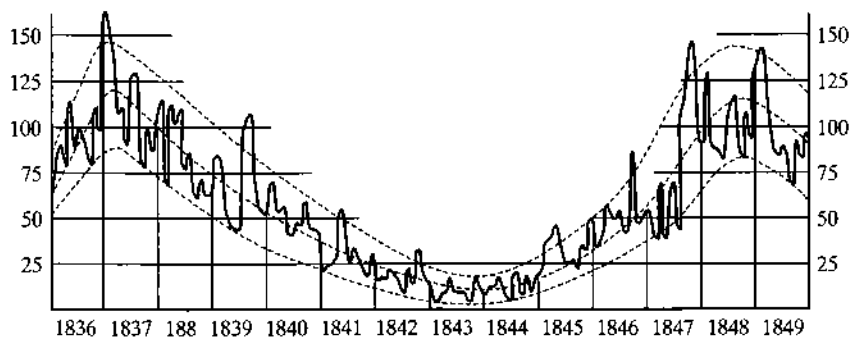


Рис. 7. График индексов солнечной активности, построенный Р. Вольфом

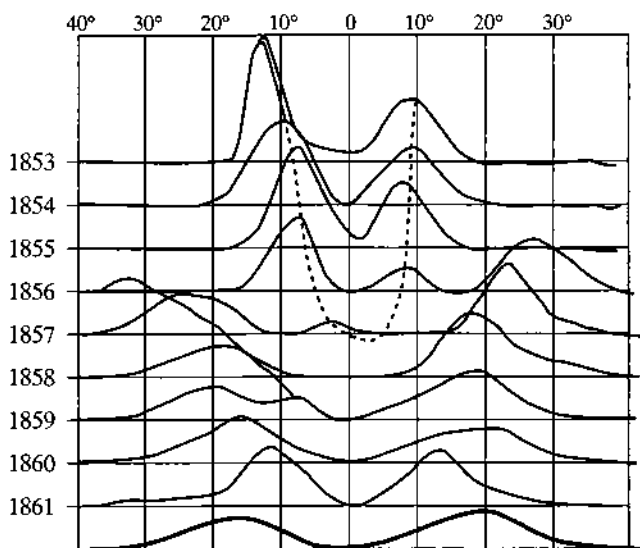


Рис. 8. Расположение солнечных пятен по широтам светила (график Р. Вольфа)

Шайнера и составил большое количество таблиц по пятнообразовательной деятельности Солнца как среднемесячные, так и среднегодовые. Он построил графики по среднемесячным значениям и, проведя сглаживающую по максимумам, минимумам и средним значениям (рис. 7), получил более точное значение средней продолжительности цикла солнечных пятен — 11 лет. Большое внимание учёный уделял изучению положения пятен на диске Солнца (рис. 8), рассматривая их положение по широтам [12–14].

В 1848 г. Вольф ввёл понятие относительного числа солнечных пятен W (теперь оно называется числом Вольфа) как меру

пятнообразовательной деятельности Солнца. Определяется этот индекс по формуле: $W = k(10g + f)$, где k – коэффициент, характеризующий в основном размер телескопа и условия видимости, g – число групп пятен, f – количество пятен, включая поры.

В 1855 г. Вольф был назначен директором Цюрихской обсерватории и составил программу ежедневного определения W . Эта работа продолжается и в настоящее время. Цюрихская обсерватория является мировым центром информации об относительном числе солнечных пятен.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Van Helden A.* Galileo and Scheiner on sunspots: A case study in the visual language of astronomy // Proc. Amer. Philos. Soc. 1995. Vol. 140, N 3. P. 358–396.
2. *Овидий.* Любовные элегии. Метаморфозы. Скорбные элегии / Пер. с лат. С.В. Шервинского. М.: Худож. лит., 1983. 512 с.
3. *Брей Р., Лоухед Р.* Солнечные пятна / Пер. с англ. Б.А. Иошпе и В.Н. Обридко; Под ред. В.Е. Степанова. М.: Мир, 1967. 383 с.
4. *Эйнгард.* Жизнь Карла Великого / Пер. с лат. М.С. Петровой. М.: РОССПЭН, 1999. С. 7–34. (Историки эпохи Каролингов.)
5. VIII Летописный сборник, именуемый Патриаршею или Никоновской летописью. М.: Наука, 1965. 254 с. (Полн. собр. рус. летописей; Т. 11.)
6. Суздальская летопись. Продолжение по академическому списку. М.: Вост. лит., 1962. 580 с. (Полн. собр. рус. летописей; Т. 1.)
7. *Galileo G.* History and demonstrations concerning sunspots and their phenomena // Discoveries and opinions of Galileo. N.Y.: Doubleday, 1957. P. 89–144.
8. *Scheiner C.* Rosa ursine sive Sol ex admirando facularum et macularum. Bracciani, 1630.
9. *Галилей Г.* Рассуждение о телах, пребывающих в воде, и о тех, которые в ней движутся // Избр. тр. М.: Наука, 1964. Т. 2 / Пер. с ит. А.Н. Долговой и С.Н. Долговой. С. 39–107.
10. *Baumgartner F.J.* Sunspots or sun's planets: Jean Tarde and the sunspot controversy of the early seventeenth century // J. Hist. Astron. 1987. Vol. 18. P. 44–54.
11. *Гумбольдт А.* Космосъ. Опытгъ физическаго мироописанія. Ч. II / Пер. с нем. Н. Фролова. М.: Типографія Александра Семенова, 1862. С. 325–346.
12. *Wolf R.* Mittheilungen über die Sonnenflecken. I bis X. Zürich: Pruck von Zürich und Furrer, 1856–1859.
13. *Wolf R.* Mittheilungen über die Sonnenflecken. XI bis XX. Zürich, 1860–1866.
14. *Wolf R.* Astronomische Mittheilungen. XXI bis XXX. Zürich, 1866–1872.

IV. ПАМЯТИ УЧЁНОГО

В.А. ЧУЕНКОВ

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

А.В. КЕССЕНИХ

Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН

МИХАИЛ АРКАДЬЕВИЧ КОВНЕР

13 января 2006 года скончался наш старший коллега и замечательный учёный Михаил Аркадьевич Ковнер. Ему только что исполнилось 95 лет.

Родился Михаил Аркадьевич 28 декабря 1910 г. в городе Смоленске. В 1930 г. поступил на физический факультет МГУ, где с третьего курса начал специализироваться по теоретической физике. Ему посчастливилось, как вспоминал он впоследствии, слушать лекции выдающихся физиков: Л.И. Мандельштама, Г.С. Ландсберга, И.Е. Тамма, М.А. Леонтовича, Ю.Б. Румера и других. Ю.Б. Румер был руководителем его дипломной работы «Углы между связями в многоатомных молекулах». Сам Ю.Б. Румер был одним из основоположников новой науки – квантовой химии, и эта область теоретической физики (на стыке с химией) и тесно связанная с ней молекулярная спектроскопия составили содержание всей научной жизни М.А.

В 1935 г. Наркомпрос РСФСР направил его аспирантом на кафедру теоретической физики в Воронежский государственный университет, которой заведовала М.А. Левитская, внесшая значительный вклад в генерирование и изучение коротких электромагнитных волн. В ВГУ он читал лекции не только по многим разделам теоретической физики, но и по истории физики.

Кандидатскую диссертацию М.А. Ковнер писал там под руководством замечательного физико-химика и классика квантовой химии Ганса Густавовича Гельмана, эмигрировавшего в 1933 г. из фашистской Германии в СССР. В своей диссертации «Квантовая теория молекулы аммиака» он, кроме всего прочего, на основе экспериментальных данных рассчитал кривую потенциальной энергии, определяющую колебания высоты пирамиды в молеку-

ле аммиака. Эта кривая впоследствии сыграла важную роль в выборе аммиака в качестве рабочего вещества для молекулярных генераторов и радиоспектроскопии. Представляет интерес предварительный отзыв Г.Г. Гельмана на эту диссертацию: «Кандидатская диссертация тов. Ковнера М.А., проводимая под моим руководством с октября 1936 года, была закончена к концу 1937 года ... У меня совершенно нет сомнений, что работа вполне соответствует тем требованиям, которые предъявляются к кандидатским диссертациям. ...Работа требовала большой научной самостоятельности диссертанта, так как руководство работой проводилось главным образом в виде письменных консультаций. Мешало также и то, что в Воронеже нельзя было без затруднений получить необходимую иностранную литературу. Несмотря на эти затруднения, тов. Ковнер дал во всех отношениях полноценную работу и, по моему мнению, достоин звания кандидата физических наук».



М.А. Ковнер. 2003 г.

Защита диссертации состоялась в конце 1938 г. уже после смерти Г.Г. Гельмана (в марте 1938 г. Гельман был арестован и расстрелян).

С сентября 1941 по июль 1945 г. Ковнер работал доцентом кафедры физики Ташкентского авиационного института. После ликвидации этого института в августе 1945 г. он по приглашению П.В. Голубкова и А.С. Шехтера и по назначению Наркомпроса РСФСР стал доцентом кафедры теоретической физики Саратовского государственного университета. В СГУ он читал лекции по теории электромагнитного поля, электронной теории и теории относительности, атомной и молекулярной спектроскопии, строению вещества, квантовой химии. Как педагога М.А. Ковнера отличали незаурядная теоретическая оснащённость, продуманная логика и информационная насыщенность лекций, артистизм.

За время работы в СГУ с 1945 по 1982 г. Ковнером было подготовлено свыше 100 дипломников и 30 аспирантов. Все дипломные работы, как правило, публиковались в трудах СГУ и в цент-

ральных физических журналах, докладывались на многочисленных Всесоюзных и зарубежных съездах и конференциях по спектроскопии и квантовой химии. Все 30 аспирантов успешно окончили аспирантуру и затем защитили свои кандидатские диссертации; многие из них (примерно половина) стали докторами наук, профессорами, заведующими кафедрами.

Основным научным направлением, по которому работал Ковнер в СГУ с 1945 по 1950 г., были квантовомеханические расчёты строения молекул. В 1951 г. в Москве состоялось Всесоюзное совещание по теории химической связи и строения молекул, на котором такие расчёты были признаны «идеалистическими», и их временно пришлось прекратить. Пришлось даже сменить направление исследований.

В 1950–1959 годах были синтезированы сначала 140, а потом ещё 370 углеводородов различных классов и получены их спектры комбинационного рассеяния с измерением частот, интенсивностей и ширины линий. Накопленный экспериментальный материал предстояло теоретически обработать и интерпретировать. По предложению академика Г.С. Ландсберга в теоретические исследования колебательных спектров углеводородов и других соединений включился и М.А. Ковнер. Эти исследования имели важное прикладное значение, так как использовались при проведении спектральных анализов нефтей и нефтепродуктов. Со временем в них приняли участие и ученики М.А. Ковнера: Л.М. Свердлов (до 1983 г. заведовал кафедрой физики Саратовского политехнического института), профессор Л.М. Бабков, профессор В.И. Березин, профессор А.М. Богомолов, профессор В.Л. Дербов и другие. В 1958 г. М.А. защитил докторскую диссертацию на тему «Расчёт и интерпретация колебательных спектров бензола и его производных».

Едва появились на свет первые лазеры, кафедры теоретической физики и оптики СГУ начали совместные теоретические и экспериментальные исследования по нелинейной оптике. В этом новом и важном научном направлении Ковнер занялся теоретическими исследованиями и рассчитал основные характеристики вынужденного комбинационного рассеяния света.

В СГУ он проработал с 1945 по 1982 г. и стал крупным специалистом в области спектроскопии, квантовой химии и нелинейной оптики.

Оценивая научную деятельность М.А. в области квантовой химии, академик Я.Б. Зельдович писал:

«В мировой науке за последние 50 лет выполнен огромный объём исследований по квантовой химии. Назрела необходимость в создании монографии по истории этой бурно развиваю-

щейся и крайне важной науки. В частности, следует срочно подготовить материалы по истории квантовой химии в СССР.

В качестве исполнителя я могу рекомендовать профессора М.А. Ковнера, многочисленные труды которого в области квантовой химии хорошо известны. В истории квантовой химии он – “действующее лицо” и к тому же талантливый историк и популяризатор. Он является живым участником и свидетелем работ, составивших золотой фонд квантовой химии».

Фактически Ковнер является также одним из создателей теоретической спектроскопии в её приложении к конкретным объектам. Им была создана научная школа физиков в области теоретической спектроскопии и квантовой химии. Сам М.А. Ковнер писал про это время (1945–1982 гг.): «Саратов стал крупным центром по изучению колебательных спектров многоатомных молекул». И по сегодняшний день его имя хорошо известно специалистам не только в России, но и во многих научных центрах Европы и Америки. За свою многолетнюю научную деятельность М.А. опубликовал около 250 статей в ведущих научных журналах, написал более 10 монографий по теоретической физике и истории физики.

В 1982 г. переехал в Москву, где более 20 лет сотрудничал с Институтом истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН.

Последнее десятилетие своей плодотворной научной деятельности Михаил Аркадьевич посвятил проблемам истории физики, в частности, истории квантовой механики (квантовой химии) и молекулярной спектроскопии. В 2002 г. в биографической серии издательства «Наука» вышла написанная им замечательная монография «Ганс Густавович Гельман». Это не только дань светлой памяти учителя, но и детальный анализ его вклада в науку.

Труды М.А. Ковнера опубликованы в материалах годовых конференций ИИЕТ за 1996–2002 гг. В ежегоднике «Исследования по истории физики и механики» опубликованы обстоятельные работы М.А. Ковнера «О физике и физиках в Саратовском государственном университете им. Н.Г. Чернышевского» к 90-летию университета (1998–1999), «Роль принципа Паули в квантовой химии и спектроскопии» (2000 г.), «История основной формулы рентгеновской кристаллографии» (2000 г., совместно с А.С. Сониным), «Квантово-механический резонанс и обменные силы в трудах Гейзенберга» (2002 г.). Отметим также работу Михаила Аркадьевича «Вклад Физико-химического института им. Л.Я. Карпова в развитие отечественной теоретической физики», включённую в коллективную работу сектора истории физики и механики «Физика XIX–XX вв. в общенаучном и социокультурном контекстах. Физика XX в.» (1997).

Ковнер внёс значительный вклад в создание летописи отечественной физики, приняв участие в сборниках «Научное сообщество физиков СССР в 1950–1960-е гг.». В первом, уже опубликованном выпуске этого сборника (2005 г.) помещена его развёрнутая статья «Золотые годы развития в СССР теории колебательных спектров многоатомных молекул», в которой рассмотрены достижения московской, ленинградской, белорусской и саратовской школ отечественных спектроскопистов. Особое внимание в ней уделено таким достижениям отечественной науки, как исследования эффекта Шпольского и открытие резонансного комбинационного рассеяния П.П. Шорыгиным. Во второй выпуск названного сборника, который готовится к печати, войдёт другая его статья – «Вклад отечественных учёных в создание и совершенствование лазеров». Её появление не случайно венчает творческий путь учёного. Ведь именно М.А. Ковнер был автором первой в СССР (написанной в 1964 г., но изданной лишь в 1991 г. в издательстве ВИНТИ) монографии, посвящённой созданию лазеров.

Поражали энергия и жажда научного общения, присущие М.А. Ковнеру. В 90-е годы он старался принять участие во множестве научных конференций, в том числе международных. Работая над книгой о Гельмане, он неоднократно выезжал в Германию. Для всех нас он был образцом творческого долголетия и неиссякаемой энергии. Преданность Михаила Аркадьевича науке, его глубочайшая интеллигентность и профессиональная компетентность, замечательные человеческие качества оставили глубокий след в памяти коллег и товарищей по работе.

АННОТАЦИИ

К 100-летию Иосифа Беведиктовича Погребысского

Анализ творчества и личные воспоминания коллег и друзей одного из ярчайших историков науки, последние годы своей жизни работавшего в Институте истории естествознания и техники АН СССР.

В.П. Русаков. Николай Николаевич Шиллер: жизнь и научно-педагогическая деятельность

Статья посвящена анализу научной и педагогической деятельности Н.Н. Шиллера, ученика А.Г. Столетова и первого профессора кафедры теоретической физики Киевского университета. Как и большинство основоположников российской школы физики, он был и талантливым теоретиком, и искусным экспериментатором в одном лице. Его работы связаны с анализом основных понятий термодинамики, изучением свойств диэлектриков, электрострикции и особенностей электромагнитных колебаний в контуре. Здесь же затрагиваются философские проблемы познания, постоянно обсуждавшиеся в среде крупных физиков конца XIX – начала XX вв.

Приведён перечень основных работ учёного.

Е.И. Погребысская. Сергей Иванович Вавилов и его «Научные записи. 1935–1943 гг.»

Первая публикация фрагментов одного из научных дневников выдающегося отечественного физика. В дальнейшем предполагается их издать полностью. Этот материал представляет большой интерес для истории науки, так как много даёт для понимания творчества и личности С.И. Вавилова.

М.И. Каганов. Непростая история

Непростая история – это история создания теорий диамагнетизма и осцилляционных явлений в металлах. Начало ей положила работа Л.Д. Ландау 1930 года, а завершилась история работой И.М. Лифшица и А.М. Косевича в 1955 г. История сопровождалась не только трагическими событиями, но и случайностями, обусловленными изолированности

советских физиков. Современную электронную теорию металлов невозможно себе представить без геометрических образов, которые впервые были использованы при формулировке условий квантования И.М. Лифшицем и Л. Онсагером.

В.Н. Кессених. Письма физика из Томска (1930–1931 гг.)

В Томске с 1928 г. функционировал (при ТГУ) Сибирский физико-технический институт (СФТИ). В.Н. Кессених в сентябре 1930 г. прибывает из Ростова н/Д в качестве преподавателя ТГУ и исследователя физика СФТИ в Томск. Его супруга Ревекка Михайловна на полгода задерживается в Ростове, чтобы завершить обучение в СКГУ. Доверительные взаимоотношения между супругами позволили в переписке раскрыть общую атмосферу того времени.

Публикуются выдержки из серии писем В.Н. к Р.М. с комментариями. Эти выдержки воспроизводят историческую обстановку и условия места и времени, они также отражают связь физического сообщества далекого Томска с научным сообществом физиков СССР и всего мира. Выделен социальный аспект формирования личности учёного (восприятие официальной пропаганды и внедрение в сознание её установок).

А.А. Кожухов, В.В. Очинский. Академик А.Н. Динник (к 130-летию со дня рождения)

В статье в хронологической последовательности представлен творческий путь академика А.Н. Динника и в кратком изложении наиболее значимые события его жизни. Авторами предложен взгляд на феномен А.Н. Динника на фоне его окружения и сквозь призму времени с учётом особенности событий и важности жизненного выбора, через которые прошёл академик. Приведены некоторые, не публиковавшиеся ранее, сведения о его родственных связях, которые могли повлиять на формирование личности учёного.

А.А. Печёнкин. Как и при каких обстоятельствах появилась реакция Белоусова–Жаботинского?

Реакция Белоусова–Жаботинского, открытая Белоусовым в 1951 г., стала в 1970-х годах парадигмальным примером сложной динамической системы. В статье приводятся факты из биографии Б.П. Белоусова и предпринимается попытка реконструировать ту цепочку идей в творчестве Белоусова, которая привела его к этой реакции.

А.С. Сонин. Советские физико-философские дискуссии начала 1930-х годов. Дискуссия о природе электрического тока

Рассмотрены дискуссии о природе электрического тока, которые состоялись 13 декабря 1929 г., 3 января и 14 марта 1930 г. в Ленинградском Политехническом институте. Противоборствующие стороны представляли академик В.Ф. Миткевич и член-корреспондент АН СССР

Я.И. Френкель. Миткевич защищал «фарадее-максвелловскую установку», в соответствии с которой взаимодействие зарядов осуществляется через промежуточную среду, которую он условно назвал «эфиром», т.е. имеет место близкое действие. Френкель считал, что никакой среды нет, а заряды взаимодействуют через пустое пространство, т.е. имеет место дальнее действие. Рассмотрено продолжение этой дискуссии в печати, проанализированы изменения точек зрения оппонентов и показана роль этих дискуссий в формировании представления об электромагнитном поле как особом виде материи.

Ю.С. В л а д и м и р о в. Методологический семинар по философским вопросам теории относительности (1952 год, физический факультет МГУ)

Обсуждена стенограмма методологического семинара по философским проблемам теории относительности, состоявшегося на физическом факультете МГУ 1 июля 1952 г. Основное внимание уделено метафизическим позициям выступавших ведущих учёных физического факультета МГУ того времени: профессоров А.А. Соколова, Д.Д. Иваненко, доцента И.П. Базарова и других. Показано, что в их выступлениях были представлены три основные дуалистические метафизические парадигмы, типичные для физики XX века: физическая, геометрическая и реляционная.

Ю.А. Л ю б и м о в. Электродинамика Гельмгольца

Подробно проанализировано получение электродинамической формулы Г. Гельмгольцем. Она является обобщением концепций Ф. Неймана, В. Вебера и Дж.К. Максвелла. Закон Вебера вызвал резкую критику со стороны Гельмгольца. Однако Веберу удалось парировать все возражения своего оппонента, что позволило более глубоко интерпретировать указанный закон.

Ю.Р. Н о с о в. История оптоэлектроники: общая характеристика

На основе исследования истории зарождения и развития оптоэлектроники показано, что новые направления, относящиеся к «высоким технологиям», характеризуются тем, что результатом их деятельности становится создание «идеальных технических объектов» на основе использования «пределной технологии» и эта деятельность выходит за рамки того, что традиционно обозначается как «наука», «техника», «технология». «Высокие технологии», подобные оптоэлектронике, открывают путь к гуманизации техники.

Р.Р. М у х и н. Возникновение турбулентности, динамические системы и хаос

В работе рассматривается развитие представлений о возникновении случайности в теории турбулентности с точки зрения конечномерных динамических систем. Этот подход привёл к более глубокому понима-

нию хаотического поведения в детерминированных системах с чувствительной зависимостью от начальных условий. Несмотря на значительный прогресс, проблема турбулентности остаётся до сих пор нерешённой и для этого, видимо, необходимы кардинально новые идеи.

Т.В. Плотникова. История изучения солнечных пятен (от первых наблюдений до установления цикла солнечной активности)

История изучения солнечной активности началась с наблюдений солнечных пятен невооружённым глазом; однако информация об этом записывалась в источниках, не имеющих научной ценности, и аристотелевское представление о Солнце как об идеальном теле мешало изучению тёмных образований на Солнце. После наблюдений в телескоп были предприняты первые попытки объяснить природу солнечных пятен. В статье наряду с теориями Г. Галилея и К. Шайнера рассмотрена теория Ж. Тарда, в которой тёмные образования на Солнце рассматриваются как внутренние планеты. Первая работа по определению цикла солнечной активности, дошедшая до наших дней, была сделана Г. Швабе; в статье помещена таблица, опубликованная Гумбольдтом в 1851 г.; дальнейшее развитие эта работа получила благодаря трудам Р. Вольфа.

ABSTRACTS

To the centenary of Iosiph Benedictovich Pogrebysky

The analysis of creativity of the striking historian of science, who worked last years of his life in the Institute for the History of Sciences and Technology, and personal memories of his colleagues and friends.

V.P. R u s a k o v. Nikolay Nikolaevich Shiller: his life and scientific and pedagogical activity

The article submits the analysis of scientific and pedagogical activity of N.N. Shiller. He was one of A.G. Stoletov's disciples and the first professor of Theoretical Physics Chair in Kiev University. As a majority of Russian physics school founders he combined theoretical and experimental talents in one person. His main works concern to analysis of fundamental thermodynamics concepts, studies of dielectric behavior, electrostriction, and characteristic properties of electromagnetic oscillations in a circuit. In the same manuals there were touched the philosophical problems of epistemology discussed among outstanding physicists in the end of XIX – the beginning of XX centuries.

The detailed list of his main publications is presented in the paper.

E.I. P o g r e b y s s k a y a. Sergey Ivanovich Vavilov and his «Scientific notes. 1935–1943»

The first publication of the fragments from the prominent physicist's working diary is presented. In the future it is intended to publish the full text. It might be of interest, giving more information of Vavilov's creative activity.

M.I. K a g a n o v. Not a simple story

This is a story about the creation of the theories of diamagnetism and of oscillation phenomena in metals. The story begins with the work of L.D. Landau done in 1930, and ends in 1955 with the work of I.M. Lifshitz and A.M. Kosevich. The story was accompanied not only by tragic events but also by incidents occurring due to the isolation of the Soviet physicists. The modern electronic theory of metals cannot be conceived without geometric symbols used for the first time by Lifshitz and Onsager.

V.N. K e s s e n i k h. Some physicist's letters from Tomsk (1930–1931)

The Siberian applied-physics institute (SPTI) of the Tomsk State University (TSU) functioned in Siberian city Tomsk since 1928.

Vladimir N. Kessenikh arrived from Rostov-at-Don in September 1930 as a physicist investigator of SPTI and an instructor of TSU. His young wife Revekka M. stayed for one half of year in Rostov as a graduated student of the North-Caucasus State University. The confidential mutual relations of the husband and his wife allowed to the author to reveal the air of that time in his letters.

The extracts from some Vladimir's letters to Revekka are published. These extracts define the historical and local circumstances, reveal the connections of Siberian's physical society with the physical society of the USSR and all over the world. The social aspect of the scientist's personality forming (the perception of the official propaganda and inculcating it in the scientist's mind) is emphasized.

A.A. Kozhukhov, V.V. Ochinsky. Academician A.N. Dinnik (to the the 130-th anniversary)

The paper presents a chronologically ordered story of the development of academician A.N. Dinnik and a brief account of the most significant events of his life. The authors review the phenomenon of A.N. Dinnik through the prism of time, against a background of his entourage, in the context of the most important events and choices made him throughout his lifetime. The paper contains some previously unpublished material on the academician's family and relations that could help shaping his personality.

A.A. Pechenkin. How and under which circumstances did the Belousov-Zhabotinsky reaction appear?

The Belousov-Zhabotinsky reaction which was discovered in 1951 became a paradigmatic example of a complex dynamical system in the 1970s. Belousov's biography is shortly described and the chain of his ideas which led him to this reaction is tentatively reconstructed.

A.S. Sonin. Soviet Physics-Philosophical Discussions of the Beginning of 1930s. Discussion on the Nature of Electric Current

The discussion on the nature of electric current is considered. This discussion took place on December 13, 1929, January 3 and March 14, 1930 at Leningrad Polytechnic Institute. The opponent parts were represented by academician V.F. Mitkevich and corresponding member Ya.I. Frenkel. Mitkevich supported the «Faraday-Maxwell's point of view», claiming that the electric charges interacted through an intermediate medium commonly called «ether». This meant that the charge interaction involved short-range forces. Frenkel was convinced that an intermediate medium did not exist, and that the charges interacted directly through an empty space, i.e. that the charge interaction involved long-range forces. Development of this discussion in the press is considered. The changes of the opponent's points of view are also analyzed. A role of this discussion in formation of the notion of electromagnetic field as a specific category of matter is shown.

Yu.S. Vladimirov. Methodological seminar on philosophical problems of Relativity Theory (1952, Physics Department, MSU)

A shorthand record of the methodological seminar on philosophical problems of Relativity theory, which took place at the Physics Department of

Moscow State University on July. 1, 1952, is discussed. Main attention is paid to metaphysical positions of speakers – some leading scientists of Physics Department, MSU, of that time – prof. A.A. Sokolov, prof D.D. Ivanenko, assistant prof. I.P. Bazarov, and others. It is shown that three general dualistic metaphysical paradigms in views of these scientists (physical, geometrical and relational) are typical for physics of the XX century.

Yu.A. L y u b i m o v. Electrodynamic of Helmholtz

The derivation of the electrodynamic formula by G.H. Helmholtz is analyzed in details. It was drawn as a result of generalization the conceptions of F. Neumann, W. Weber and J.K. Maxwell. The Weber law gave rise to sharp critical attitude of Helmholtz. Nevertheless Weber succeeded in disproof of all objections, what let him to interpret this law more profoundly.

Yu.R. N o s o v. History of optoelectronics: general definition

Definitions of novel directions of optoelectronics are related to «high technologies» and are defined based on research of history and development of optoelectronics. Creation of «ideal technical objects» is the result of their activity based on applies of «limiting technology». This activity is beyond that is traditionally designated as «science», «technique», «technology». «High technologies» similar to optoelectronics open a way to humanization of technique.

R.R. M u k h i n. The onset of turbulence, dynamical systems and chaos

In the paper the development of a notion of randomness in the theory of turbulence from the viewpoint of finite dimensional dynamical systems is studied. This approach promoted deeper understanding of chaotic behavior in purely deterministic systems with sensitive dependence on initial data. In spite of a big progress the problem of turbulence is still unsolved and perhaps needs completely new ideas.

T.V. P l o t n i k o v a. The history on studying of Solar spots from the first observations to the definition of a solar activity cycle

The history of studies on solar activity started when people began to view the sunspots with the naked eye. However this information was written down in the documents which didn't have any scientific significance. Moreover, the Aristotel's notion about the Sun as an ideal solid prevented other scientists against studying dark objects on its surface.

The first attempts to explain the nature of solar spots had been made after creating of a telescope. In this article along with the theories of G. Galileo and C. Scheiner, J. Tarde's theory where sunspots are supposed to be interior planets is considered.

The first effort to define a cycle of solar activity reached up to now has been made by G. Schwabe. In the article the table, published by A. Gumbold in 1851, is inserted. The further development of this problem was received due to R. Wolf's works.

Научное издание

**ИССЛЕДОВАНИЯ
ПО ИСТОРИИ ФИЗИКИ
И МЕХАНИКИ**

2006

*Утверждено к печати
Ученым советом
Института истории
естествознания и техники
им. С.И. Вавилова РАН*

Зав. редакцией *М.В. Грачева*
Редактор *Г.С. Куликов*
Художественный редактор *Е.А. Шевейко*
Технический редактор *Т.А. Резникова*
Корректоры *А.В. Морозова, Е.Л. Сысоева*

Подписано к печати 22.01.2007
Формат 60 × 90^{1/16}. Гарнитура Таймс
Печать офсетная
Усл.печ.л. 24,5. Усл.кр.-отгг. 24,5. Уч.-изд.л. 25,5
Тир. зак. 3917

Издательство "Наука"
117997, Москва, Профсоюзная ул., 90

E-mail: secret@naukaran.ru
www.naukaran.ru

Отпечатано с готовых диакозитивов
в ГУП "Типография "Наука"
199034, Санкт-Петербург, 9-я линия, 12

ISBN 5-02-034124-X



9 785020 341241