

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

**ИССЛЕДОВАНИЯ
ПО ИСТОРИИ
ФИЗИКИ И МЕХАНИКИ
2019–2020**

Ответственный редактор
доктор физико-математических наук
Вл.П. Визгин



Москва
Янус-К
2021

Редакционная коллегия:

доктор физико-математических наук Вл.П. ВИЗГИН (председатель),
кандидат физико-математических наук Н.В. ВДОВИЧЕНКО (зам. председателя),
кандидат физико-математических наук К.А. ТОМИЛИН (ученый секретарь),
доктор физико-математических наук Б.М. БОЛОТОВСКИЙ,
доктор физико-математических наук А.В. КЕССЕНИХ,
доктор физико-математических наук Г.К. МИХАЙЛОВ.

Редактор-составитель

кандидат физико-математических наук Н.В. ВДОВИЧЕНКО

Рецензенты

доктор физико-математических наук С.С. ДЕМИДОВ
доктор химических наук А.Н. РОДНЫЙ

Исследования по истории физики и механики. 2019–2020. Ин-т истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. отв. ред. Вл.П. Визгин, 420 с. – 2021.
ISBN 978-5-8037-0831-5

В сборник входят материалы, посвящённые развитию представлений о реляционной картине мира, сопоставлению научных сообществ физиков СССР и Европы в период создания квантовой механики, в 1920-е гг.; идеологическим «разборкам» на физическом факультете МГУ в 1953 году и первой постсоветской дискуссии между учеными разных стран о связи науки и вере в Бога. Небольшая подборка статей, относящихся к научно-биографическому подходу в исторических исследованиях, связана с именами А. Эйнштейна и Н.Г. Басова. Опубликованы материалы, относящиеся к созданию в СССР первого в мире действующего макета инерциальной навигационной системы и к освоению, развитию и внедрению метода ЯМР в химические и медико-биологические исследования на кафедре радиофизики СВЧ физфака МГУ. Представлены интересный историко-научный анализ уравнений Максвелла, исследование начального этапа в истории создания стандартной модели в физике фундаментальных взаимодействий, введение в общую физику и в кристаллофизику понятия об асимметрии кристаллов; дан простой и изящный вывод знаменитой формулы Больцмана, связывающей энтропию и вероятность, опирающийся на историко-математический анализ.

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

Historical studies in physics and mechanics. 2019–2020. S.I. Vavilov's Institute for the History of Science and Technology of the RAS. Ed. by Vl.P. Vizgin, 420 p. – 2021.
ISBN 978-5-8037-0831-5

The collection includes materials on the development of ideas about the relational picture of the world, the comparison of the scientific communities of physicists of the USSR and Europe during the creation of quantum mechanics, in the 1920s.; ideological "showdown" at the Physics Department of Moscow State University in 1953, and the first post-Soviet discussion between scientists from different countries about the connection of science and faith in God. A small collection of articles related to the scientific and biographical approach in historical research is associated with the names of A. Einstein and N.G. Basov. Materials related to the creation in the USSR of the world's first active model of an inertial navigation system and to the explore, development and implementation of the NMR method in chemical and biomedical research at the Chair of microwave radio physics of the Physics Faculty of Moscow State University are published. An interesting historical and scientific analysis of Maxwell's equations, a study of the initial stage in the history of creating the standard model in physics of fundamental interactions are presented; an introduction the concept of asymmetry to general physics and crystal physics is also presented. A simple and elegant conclusion of the famous Boltzmann formula, linking entropy and probability, based on historical and mathematical analysis, is given.

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

© Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, 2021.

СОДЕРЖАНИЕ

От редколлегии 7

I. ИССЛЕДОВАНИЯ, ВОСПОМИНАНИЯ, РАЗМЫШЛЕНИЯ

Ю.С. Владимиров
Развитие представлений о реляционной картине мира . . . 11

Е.М. Беркович
«Наши в Европе». Советские физики и «революция
вундеркиндов» 57

А.В. Кессених
Идеологические «разборки», советский Атомный проект
и выступление комсомольцев Физфака в 1953 г. 97

А.С. Сонин
Первая постсоветская дискуссия о науке и Боге 138

II. НЕКОТОРЫЕ ГЛАВЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ИСТОРИИ НАУКИ

Г.Б. Малыкин
Система инерциальной навигации Кофмана–Левенталя . . . 151

А.В. Кессених
ЯМР на кафедре радиофизики СВЧ Физфака МГУ –
в зоне обмена между физикой и химией. (Рождение
научных школ в химии по инициативе физиков) 178

Г.Б. Малыкин
Сто лет тахионам. Доклад Л.Я. Штрума на Втором съезде
Российской ассоциации физиков 186

III. НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКИЕ ОЧЕРКИ

Е.М. Беркович
Трагедия Эйнштейна, или счастливый Сизиф 189

А.В. Виноградов
Н.Г. Басов во главе Физического института
Академии Наук СССР (1973–1988) 234

IV. ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

Вл.П. Визгин
У истоков стандартной модели в физике
фундаментальных взаимодействий 249

<i>К.А. Томили</i>	
Системы уравнений электродинамики у Дж.К. Максвелла	294
<i>Г.Б. Малькин</i>	
Ревизия теорий «светоносного эфира» Гансом Витте накануне создания специальной теории относительности .	334
<i>А.С. Сонин</i>	
Ганс Цохер и проблема асимметрии кристаллов	347
<i>П.Н. Антонюк</i>	
Уравнение состояния идеального газа: историко-математический взгляд (Дополнение)	356
V. ПАМЯТИ УЧЁНОГО	
<i>В.В. Кудрявцев</i>	
Вадим Алексеевич Ильин (1941–2019)	361
<i>Б.Л. Альтшулер</i>	
Памяти Бориса Михайловича Болотовского	379
<i>В.Е. Рок</i>	
Мой профессор, учитель и друг.	387
<i>От редколлегии</i>	
Наш прощальный поклон (Отдельно несколько слов о Борисе Михайловиче Болотовском как историке физики).	404
Аннотации	407

CONTENTS

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

I. RESEARCHES, MEMOIRS, REFLECTIONS

<i>Yu.S. Vladimirov</i> Developing ideas about the relational picture of the world. . .	11
<i>E.M. Berkovich</i> "Ours in Europe". Soviet physicists and the "Revolution of Prodigies"	57
<i>A.V. Kessenikh</i> Ideological "showdown", the Soviet Atomic Project and the protest of the Komsomol members at the Faculty of Physics, Lomonosov MSU in 1953	97
<i>A.S. Sonin</i> The first post-Soviet discussion on science and God	138

II. FROM THE RUSSIAN HISTORY OF SCIENCE

<i>G.B. Malykin</i> Kofman – Leventhal inertial navigation system	151
<i>A.V. Kessenich</i> NMR at the Department of Radiophysics, Microwave Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University – in the exchange zone between physics and chemistry	178
<i>G.B. Malykin</i> Tachyons are a hundred years old. L.Ya. Shtrum's report at the Second Congress of the Russian Association of Physicists	186

III. SCIENTIFIC AND BIOGRAPHIC SKETCHES

<i>E.M. Berkovich</i> Einstein tragedy, or happy Sisyphus	189
<i>A.V. Vinogradov</i> N.G. Basov as the head of the P.N. Lebedev Physical Institute of Academy of Sciences of the USSR (1973–1988)	234

IV. MISCELLANEA

<i>Vl.P. Vizgin</i>	
At the origins of the standard model in the physics of fundamental interactions.	249
<i>K.A. Tomilin</i>	
Maxwell's systems of electrodynamics equations	294
<i>G.B. Malykin</i>	
Revision of the theories of the "light-bearing ether" by Hans Witte before creation of the special theory of relativity	334
<i>A.S. Sonin</i>	
Hans Zocher and the problem of crystal asymmetry	347
<i>P.N. Antonyuk</i>	
The ideal gas law: historical and mathematical view (Addition).	356

V. IN MEMORIAM

<i>V.V. Kudryavtsev</i>	
Vadim Alekseevich Ilyin (1941–2019)	361
<i>B.L. Altshuler</i>	
In memory of Boris Mikhailovich Bolotovskiy	379
<i>V.E. Rock</i>	
My professor, teacher and friend	387
<i>The editorial board</i>	
Our farewell bow (a few words about Boris Mikhailovich as a historian)	404
Abstracts	407

ОТ РЕДКОЛЛЕГИИ

Перед вами очередной выпуск сборника «Исследования по истории физики и механики», который может оказаться последним в буквальном и окончательном смысле. Состав нашей редколлегии год от года менялся, одни уходили навсегда, другие вставали на их место, и работа продолжалась. Но за последние несколько лет ситуация стала кардинально меняться – ушедшим уже нет замены. В Отделе истории физико-математических наук осталось всего три историка физика, причем два из них весьма почтенного возраста. Молодых исследователей фактически нет, а старшее поколение тает на глазах. Вот и в этом году, когда сборник уже готовился к печати, еще два члена редколлегии, Борис Михайлович Болотовский и Глеб Константинович Михайлов, ушли из жизни, оставив самую светлую память о себе. То же можно сказать и об авторах. За последние два года не стало М.И. Каганова, А.М. Корзухиной, В.А. Ильина, не говоря уже о членах редколлегии, участвовавших в издании в качестве авторов.

Тем не менее, мы хотели бы представить результат наших усилий и прокомментировать некоторые вызывающие вопросы места. Самое неожиданное, что в нынешнем выпуске достаточно исследований и размышлений на общие темы, но нет сочинений и воспоминаний, связанных с юбилейными датами, как это было принято прежде. Место первого раздела отведено размышлениям на общие темы, таким как развитие представлений о реляционной картине мира (Ю.С. Владимиров), сопоставление научных сообществ физиков СССР и Европы в 1920-е гг. (Е.М. Беркович «Наши в Европе»), об идеологических «разборках» на физическом факультете МГУ в 1953 году, после смерти И.В. Сталина (А.В. Кессених) и о первой постсоветской дискуссии между учеными разных стран о связи науки и вере в Бога на страницах газеты научного сообщества «Поиск» в 1997–1998 годы (А.С. Сонин).

В статье Владимирова изложена суть реляционного подхода и показана история развития представлений о трех составляющих реляционной картины мира: 1) реляционного понимания природы классического пространства-времени, 2) описания физических взаимодействий на основе концепции дальнего действия, альтернативной общепринятой концепции ближнего действия и 3) принципа Маха. Формирование каждой из трех составляющих происходило в острых дис-

куссиях с альтернативными точками зрения, присущими двум другим подходам к физической реальности, господствующим ныне, – теоретико-полевому и геометрическому. Показаны достижения и перспективы развития реляционного подхода, развиваемого автором.

В статье Е.М. Берковича «Наши в Европе» рассматривается состояние физики в Советском Союзе в двадцатые годы XX века, годы, когда зарождалась и строилась квантовая механика. Для сравнения анализируется научный ландшафт Европы в те же годы. Особое внимание уделяется советским физикам, получившим тогда же возможность выехать на Запад и работать в ведущих научных центрах Европы. Интересно и информативно, но все же автору можно задать несколько вопросов.

Первый – создателей квантовой механики он называет «поколением вундеркиндов». Но позвольте, кто же ее отцы-основатели? – М. Планк (1858), А. Эйнштейн (1879), Н. Бор (1885), В. Гейзенберг (1901), Э. Шрёдингер (1887), Луи де Бройль (1892), Макс Борн (1887), В. Паули (1900) и П. Дирак (1902) – и кого из них можно назвать вундеркиндом? Пожалуй, только Гейзенберга, Паули и Дирака – им в эту пору (1925–27) было около двадцати пяти лет, а остальным – вообще за тридцать пять-сорок лет. Второй вопрос. – Автор считает, что наши вундеркинды «опоздали» родиться, и им осталось только разрабатывать новую теорию, и видит главную причину нашего небольшого вклада в создание квантовой механики в отсутствии в предреволюционной и советской России школ теоретической физики. Он рассказывает о первых советских физических школах. Но с какими теоретическими школами были связаны Бор, Шрёдингер, сам Эйнштейн, Л. де Бройль и др.? Вообще, этот вопрос достаточно не простой и не проясненный. Третий. – Многие имена первого ряда (речь идет о советских физиках-теоретиках 1920–1930-х гг), относящиеся к указанному периоду, вообще выпали из рассмотрения и даже не удостоились упоминания. Например, Г.А. Гамов. А вот Ю.А. Круткова, замечательного ученого, он называет первым советским физиком-теоретиком. Так ли это? Правда, так его называл В.Я. Френкель. Более же молодое поколение теоретиков воспринимало его как специалиста по теоретической механике. И.Е. Тамм и Я.И. Френкель в большей степени были первыми теоретиками, чем Крутков.

Во второй раздел, посвященный отечественной истории науки, вошли две работы Г.Б. Малыкина – о создании в 1932 г. в СССР первого в мире действующего макета инерциальной на-

вигационной системы, позволяющей автономно, без связи с внешним миром, вычислять местоположение и скорость движущегося объекта, и о непростой судьбе его создателей Л.М. Кофмана и Е.Б. Левенталя; и короткая заметка о предсказании Л.Я. Штрумом возможности существования тахионов еще в 1921 году. В третьей статье из этого раздела рассмотрена роль Физического факультета МГУ им. Ломоносова и особенно Кафедры СВЧ (радиотехники) в освоении, развитии и внедрении метода ЯМР в химические и медико-биологические исследования в СССР и России (А.В. Кессених).

В научно-биографический раздел вошли две работы, одна из которых – это подробное исследование научных результатов Альберта Эйнштейна в последние 30 лет его жизни (Е.М. Беркович). Обсуждается его неприятие квантовой механики как окончательной модели микромира. Показан новый стиль научного творчества Эйнштейна, при котором на первый план выходят соображения красоты и математической простоты теории, а не физические факты, которые необходимо теоретически объяснить. Другая посвящена деятельности лауреата Нобелевской премии по физике, одного из пионеров мазеров и лазеров, академика Н.Г. Басова на посту директора Физического института им. П.Н. Лебедева АН СССР (А.В. Виноградов).

Четвертый раздел – собственно внутренняя история некоторых направлений в физике. Вл.П. Визгин исследует начальный этап в истории создания стандартной модели в физике фундаментальных взаимодействий, процесс построения этой объединенной теории сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий в физике элементарных частиц, который растянулся примерно на два десятилетия, начиная с 1954 г. вплоть до начала–середины 1970-х гг. Отдельно он подчеркивает эвристическую роль ошибочных направлений в истории создания стандартной модели.

К.А. Томилин подробно анализирует вывод Максвеллом уравнений электромагнитного поля, их постепенную модификацию в течение почти двадцати лет (1855–1873 гг.), введение тока смещения, что позволило, в частности, описать свет как электромагнитные колебания в среде. Эта работа является продолжением его статьи на ту же тему в предыдущем выпуске «ИИФМ. 2016–2018».

В работе Г.Б. Малыкина описано, как аспирант М. Планка Ганс Витте по заданию своего учителя в 1903 г. провел в своей диссертации полную ревизию и классификацию известных на то время теорий «светоносного эфира». Проведенный им анализ показал, что ни одна из почти ста теорий не

может адекватно описать уравнения Максвелла. К моменту защиты диссертации Г. Вите его результаты в значительной мере утратили свою актуальность, поскольку она произошла через месяц после создания А. Эйнштейном специальной теории относительности.

В статье А.С. Сониной рассмотрены забытые работы по кристаллофизике выдающегося немецкого физика Ганса Цохера (1893–1969), который ввел в общую физику и в кристаллофизику понятие об асимметрии кристаллов и на ее основе рассмотрел и классифицировал физические свойства кристаллов.

И небольшое добавление к предыдущей публикации П.Н. Антонюка о выводе и свойствах уравнения состояния идеального газа с математической точки зрения, в котором дан простой вывод знаменитой формулы Больцмана, связывающей энтропию и вероятность.

В мемориальный раздел вошли материалы, которые мы успели собрать, пока сборник еще был в печати. Это статья о В.А. Ильине и подборка прощальных слов о Б.М. Болотовском.

Мы искренне признательны всем авторам за предоставленные для публикации материалы.

За день до сдачи окончательной верстки сборника в издательство на 90-ом году жизни скончался еще один член нашей редколлегии и автор двух очень интересных статей этого выпуска Александр Владимирович Кессених. Хочется сказать о нем несколько прощальных слов. Он родился в феврале 1932 г. в Томске в семье научных работников и педагогов. В 1954 г. окончил физфак МГУ и затем в течение полувека занимался магнитно-резонансными явлениями, прежде всего ядерным магнитным резонансом и его применениями в химии, став в этой области одним из ведущих специалистов. С конца 1990-х гг. поступил в ИИЕТ РАН и стал заниматься историей физики. За 25 лет своей историко-научной деятельности АВК провел немало замечательных исследований по истории магнитного резонанса, социальной истории отечественной физики, по научным школам в области физики, опубликовав ряд монографий и множество статей, в том числе в наших «Исследованиях...», в редколлегии которых он состоял с 2008 г. Он был также одним из зачинателей «физического искусства» на физфаке и незаурядным поэтом.

І. ИССЛЕДОВАНИЯ, ВОСПОМИНАНИЯ, РАЗМЫШЛЕНИЯ

Ю.С. Владимиров

Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О РЕЛЯЦИОННОЙ КАРТИНЕ МИРА

Введение

Реляционный подход к описанию физической реальности непривычен не только для большинства читателей, но и для многих профессиональных физиков, поэтому необходимо пояснить, что это такое. В классической общей физике, изучаемой в школе и вузах, рассматриваются тела (частицы), которые находятся не иначе, как в пространстве-времени, и взаимодействуют друг с другом через поля: гравитационное, электромагнитное и иные. Это, казалось бы, очевидное утверждение означает выделение из представлений о физической реальности трех физических (метафизических) категорий: *пространства-времени, частиц (тел) и полей переносчиков взаимодействий*. Данные категории так или иначе лежат в основаниях всех физических теорий.

Фундаментальный характер трех названных категорий проявляется в главном уравнении классической механики – во втором законе Ньютона:

$$ma = F.$$

В этой трехчленной формуле масса m является характеристикой категории частиц (тел), ускорение a – соответствует категории пространства-времени, а стоящая справа сила F неразрывно связана с категорией полей переносчиков взаимодействий.

В учебниках и в большинстве книг по физике названные категории в значительной степени имеют самостоятельный характер. Допускается изучение свойств пространства-времени без частиц и полей, можно рассматривать также свободные электромагнитное или гравитационное поля без частиц или свободные частицы (тела) без полей. Отнесем физи-

ческие теории такого рода к исследованиям в рамках **триалистической метафизической парадигмы**, подчеркивая тем самым троичный характер оснований данного подхода к реальности.

Будет соблазн полагать, что мы поймем физическое мироздание, если разберемся в сути названных трех категорий. Однако не будем спешить и вспомним пророческие слова Эрнста Маха, сказанные более ста лет тому назад в период перехода от ньютоновой механики к представлениям новой физики (теории относительности и квантовой механике): *«Средства мышления физики, понятиям массы, силы, атома, вся задача которых заключается только в том, чтобы побудить в нашем представлении экономно упорядоченный опыт, большинством естествоиспытателей приписывается реальность, выходящая за пределы мышления. Более того, полагают, что эти силы и массы представляют то настоящее, что подлежит исследованию, и если бы они стали известны, все остальное получилось бы само собою из равновесия и движения этих масс... Мы не должны считать основами действительного мира те интеллектуальные вспомогательные средства, которыми мы пользуемся для постановки мира на сцене нашего мышления»* [1, с. 432].

Это в полной мере относится к понятиям, соответствующим трем названным физическим категориям. Согласно Маху, используемые ныне как классические, так и обобщенные новые категории являются лишь временными, вспомогательными понятиями, удобными для восприятия мироздания на соответствующем этапе развития физики.

О справедливости слов Маха свидетельствует развитие физики в XX веке. Физики-теоретики осознанно (или не очень) пытались опереться не на три, а на меньшее число из названных или обобщенных категорий. Получилось развить и изучить возможности теорий, построенных на основе не трех, а **двух** категорий: обобщенной, объединяющей в себе две категории, и оставшейся (или даже двух обобщенных категорий). Такие теории можно назвать *дуалистическими* (см. [2]). К их числу, в частности, относятся как общая теория относительности, так и квантовая теория.

Имея три варианта объединения двух категорий из трех, получаем **три** типа физических теорий (дуалистических парадигм), или *три миропонимания* одной и той же физичес-

кой реальности, рассматриваемой под разными углами зрения.

Теоретико-полевым миропониманием естественно назвать теорию (метафизическую парадигму), основанную на объединении категорий частиц и полей. В этом подходе вместо двух названных категорий выступает новая *обобщенная категория поля амплитуды вероятности*, описываемая волновыми функциями на фоне классического пространства-времени. Этот подход определял главное, можно сказать, магистральное направление развития физики в XX веке. К теориям этой парадигмы относятся квантовая механика и квантовая теория поля, в которых симметричным образом рассматриваются (бозонные) поля переносчиков взаимодействий и (фермионные) поля частиц. Апогеем данного подхода явилось открытие во второй половине XX века суперсимметричных преобразований между фермионными и бозонными волновыми функциями. Эта же линия продолжается в исследованиях суперструн и бран.

В теоретико-полевой парадигме категория пространства-времени сохраняет свой прежний характер и по-прежнему представляет собой сцену или арену, на которой определяется обобщенная категория поля амплитуды вероятности.

В двух других дуалистических парадигмах вместо категории классического (плоского) пространства-времени выступают некие новые обобщенные категории, включающие в себя как само пространство-время, так и одну из двух других исходных категорий.

Геометрическое миропонимание соответствует описанию физической реальности на основе обобщенной категории, включающей в себя прежние категории пространства-времени и полей переносчиков взаимодействий. Таковой является новая *категория искривленного пространства-времени*, деформируемого частицами (телами). Центральное место здесь занимает эйнштейновская общая теория относительности, в которой нет отдельно плоского пространства-времени и отдельно гравитационного поля, а есть обобщенная категория искривленного пространства-времени, описываемая левой частью уравнений Эйнштейна. В искривленное пространство-время вложена категория частиц, характеризующаяся тензором энергии-импульса в правой части уравнений Эйнштейна. К этому же классу теорий относятся многомерные геометрические модели физических взаимодействий.

вий, называемые ныне теориями Калуцы (или Калуцы – Клейна), где, кроме гравитации, геометризуются и другие виды физических взаимодействий, в первую очередь, – электромагнитное.

Два названных дуалистических миропонимания определяли два главных направления развития фундаментальной теоретической физики в XX веке: квантовой теории и общей теории относительности. Однако, как правило, забывалось существование еще одного, третьего **дуалистического миропонимания – реляционного**. В этом миропонимании теория строится на двух обобщенных категориях, одна из которых объединяет пространство-время с частицами, а другая фактически объединяет пространство-время с полями переносчиков взаимодействий. Это миропонимание (реляционная парадигма) было даже доминирующим в середине XIX века, а затем оказалось в тени.

История естествознания показывает, что к построению физической картины мира на основе реляционной парадигмы уже давно настойчиво призывал ряд известных мыслителей прошлого, среди которых следует особо выделить Г. Лейбница и Э. Маха [3]. В XX веке идеи реляционного подхода, по меньшей мере, трижды сыграли важную роль: во-первых, при открытии специальной теории относительности, во-вторых, при создании А. Эйнштейном общей теории относительности и, в-третьих, при формировании Р. Фейнманом своеобразной путезависимой формулировки квантовой механики. Однако для формирования самостоятельной реляционной теории не хватало адекватного его идеям математического аппарата.

Главной целью физиков-теоретиков является построение единой теории физических взаимодействий, включающей в себя как квантовую теорию, так и общую теорию относительности. Поскольку три вида взаимодействий (электромагнитное, слабое и сильное) традиционно описываются в рамках теоретико-полевого миропонимания, а гравитационное – в рамках геометрического подхода, то эти два вида теорий оказались построенными на базе принципиально различных концепций и категорий. Это явилось главной (метафизической) причиной неудач, постигших физиков-теоретиков, пытавшихся построить квантовую теорию гравитации. Решить данную проблему можно лишь на пути создания новой физической картины мира на основе **монистической парадигмы**.

К концу XX века перед физиками остро встал вопрос: от какой из трех дуалистических парадигм удастся сделать следующий шаг – перейти к монистической парадигме? На протяжении всего XX века предпринимались настойчивые попытки создания квантовой теории гравитации и решения ряда других проблем фундаментальной физики в рамках теоретико-полевой и геометрической парадигм, тогда как реляционный подход был в тени. Все это свидетельствует о назревшей необходимости изучить возможности реляционного подхода и на его базе попытаться продвинуться в решении пока неподдающихся проблем фундаментальной физики.

Анализ показывает, что реляционный подход к физическому мирозданию опирается на следующие три неразрывно связанные друг с другом составляющие [4]:

1) реляционную трактовку природы пространства-времени (как абстракцию от системы отношений между материальными объектами),

2) описание физических взаимодействий в рамках концепции дальнего действия, альтернативной общепринятой концепции ближнего действия, и

3) принцип Маха, понимаемый как обусловленность понятий классической физики и геометрии глобальными свойствами окружающего мира.

При этом оказывается, что каждая из названных составляющих имеет свой антипод, используемый в иных парадигмах. В итоге приходится иметь в виду наличие трех пар факторов, которые фактически представляют собой проявление ключевых метафизических принципов, в частности принципа тринитарности, нашего своего воплощение в ряде философско-религиозных учений прошлого.

В данной статье обсуждаются дискуссии, происходившие в течение нескольких веков по каждой из трех составляющих реляционного миропонимания.

1. Развитие реляционных представлений о природе пространства-времени

Альтернативой реляционному пониманию природы пространства-времени является субстанциальный взгляд, согласно которому пространство-время представляет собой самостоятельную априорно заданную физическую категорию, на фоне которой строятся теории и вообще рисуется физическая картина мира.

1.1. Истоки реляционной концепции пространства-времени

Истоки реляционного подхода к природе пространства-времени можно найти еще в высказываниях мыслителей античности, однако историю этих идей, близких к их современному пониманию, следует датировать с работ Г. Лейбница (1646–1716).

Г. Лейбниц называл идею реальности абсолютного пространства *«идолом современных англичан»*. Суть дискуссии была ярко продемонстрирована в его переписке с С. Кларком, отстаивавшим позиции И. Ньютона (1643–1727) об абсолютных пространстве и времени.

Так, Лейбниц, обращаясь к Кларку, задавал кардинальный вопрос: останется ли пространство, если из него удалить все тела? И сам отвечал на него, что нет, оно потеряет всякий смысл. В письме к С. Кларку (а фактически к И. Ньютону) Лейбниц писал: *«Я неоднократно подчеркивал, что считаю пространство, так же как и время, чем-то чисто относительным: пространство – порядком существования, а время порядком последовательностей... Для опровержения мнения тех, которые считают пространство субстанцией или, по крайней мере, какой-то абсолютной сущностью, у меня имеется несколько доказательств»* [5. С. 441].

Далее он писал: *«Я доказал, что пространство представляет собой не что иное как порядок существования вещей, рассматриваемых в их одновременности»*. Пустое пространство он называл *«фикцией»*. *«Она совершенно неразумна и негодна, ибо кроме того, что вне материального универсума нет реального пространства, такое действие было бы бесцельно, оно означало бы деятельное безделье. <...> Это продукты фантазии философов, имеющих несовершенные понятия и превращающих пространство в абсолютную реальность»* [Там же].

Кун Фишер в своей обстоятельной книге «Лейбниц, его жизнь, сочинения и учение» отмечал, что Лейбниц смотрел на мир как на всеобщую систему отношений, полагал, что *«невозможно, чтобы существовала только одна монада (в качестве монады здесь можно понимать частицу или тело – Ю.В.). Если она и существует не благодаря другим, то все же существует вместе с ними, и ее понятие предполагает их бытие; следовательно невозможно мыслить и представить себе только одну монаду без других, связанных с нею,*

если и не физическим влиянием, то необходимым порядком» [6. С. 431].

Далее следует упомянуть взгляды хорватского ученого и философа Р.И. Бошковича (1711–1787), который не признавал пространство в качестве самостоятельной сущности, а связывал его с понятием *возможности*. Он писал: *«Я не признаю никакого сосуществующего континуума... Ибо пространство для меня не есть какой-либо реальный континуум, но только воображаемый. <...> В действительности всегда существует граница и определенное число точек и интервалов; напротив, в возможности нигде нет конца. <...> Воображаемое, непрерывное и безграничное пространство есть нечто вечное и необходимое; однако оно не есть нечто существующее, а есть простое неопределенное предположение чего-то, могущего существовать» (Цит. по [7. С. 208]).*

В аналогичном духе высказывались философы Д. Беркли (1685–1753), Д. Юм (1711–1776) и некоторые другие мыслители. Так, Юм писал: *«... идеи пространства и времени не отдельные или отчетливые идеи, но лишь идеи способа, или порядка существования объектов. Или, другими словами, невозможно представить пустое пространство или протяжение без материи, а также время без последовательности или изменений в каком-либо реальном существовании» [8. С. 99].*

Уже в середине XIX века идеи реляционного подхода к природе пространства-времени были популярны в немецкой физической школе. В частности, представитель этой школы К.Ф. Целльнер (1834–1882) в своем сочинении «Электродинамическая теория материи» отстаивал относительную трактовку пространства, связывал его с взаимодействием тел. Он по сути дела отвергал ньютоновскую концепцию абсолютно пространства (см. [9]).

1.2. Э. Мах о природе пространства-времени

Раскрытие сути физического пространства-времени относится к числу кардинальных вопросов фундаментальной физики и всего естествознания, в целом. Эта проблема занимала центральное место в мировоззрении Э. Маха (1838–1916), воспитанного в русле идей немецкой физической школы XIX века. В своей книге «Познание и заблуждение» он писал: *«Кто хочет получить представление о том, с каким трудом развилась абстракция «пространство», лучше все-*

го делает, обратившись к изучению четвертой книги Физики Аристотеля. Вопрос о том, **существует ли пространство (место) или не существует**, как оно существует и **что** оно такое, причиняют ему много затруднений. Он не может смотреть на пространство, как на тело, ибо тогда одно тело находилось бы в другом. Но, с другой стороны, он и не может отделить пространство от мира тел, ибо место тела есть для него то, что это тело окружает, обнимает. Аристотель выдвигает мысль, что мы не спрашивали бы о пространстве, если бы не существовало никакого движения. **Связь представления пространства с представлением тела естественно приводит к идее немыслимости пустоты**, – идее, защищаемой Аристотелем и многими другими мыслителями древности. Мыслители, допускавшие пустоту, как Левкипп, Демокрит, Эпикур и др., имели, следовательно, представление о пространстве, более близкое к нашему. Пространство было для них чем-то вроде сосуда, который может и не быть наполнен. И к такому представлению действительно должна была вести геометрия, которая устраняет все телесные свойства, кроме определенных границ» [10. С. 417].

Мах критиковал представления Ньютона об абсолютных пространстве и времени, воспринимавшего их как неких божественных первичных сущностей. Он писал: «Можно, пожалуй, сказать, что главным образом именно со времени Ньютона время и пространство стали теми **самостоятельными и, однако, бестелесными сущностями**, которыми они считаются по настоящее время... Для Ньютона время и пространство представляют нечто **сверхфизическое**; они суть **первичные, независимые переменные**, непосредственно недоступные, по крайней мере, точно не определяемые, направляющие и регулирующие все в мире. Как пространство определяет движение отдаленнейших планет вокруг Солнца, так время делает **согласными** отдаленнейшие небесные движения с незначительнейшими процессами здесь на земле. При таком взгляде мир становится **организмом**, или – если предпочитают это выражение – **машиной**, все части которой согласно применяются к движению **одной** части, руководствуются до известной степени **одной** единой волей, и нам остается только неизвестной цель этого движения. Этот взгляд лежит, как наследие Ньютона, в основе и современной физики, хотя, может быть, чувствуется некото-

рое нежелание открыто это признать» [10. С. 420–421]. Сделанное замечание не утратило своей актуальности и в наши дни.

Э. Мах, как и Г. Лейбниц, считал категории абсолютного пространства и времени «бессмысленными», полагал, что в отсутствие тел не существует ни пространство, ни время.

Напомним несколько высказываний Маха на этот счет:

«Об абсолютном пространстве и абсолютном времени никто ничего сказать не может; это чисто абстрактные вещи, которые на опыте обнаружены быть не могут» [1. С. 195].

«Нет ничего невозможного в том, что место элементарных законов, составляющих содержание современной механики, когда-нибудь займут (употребляя выражение К. Неймана) законы интегральные, что мы непосредственно будем познавать взаимную зависимость положений тел. В этом случае понятие силы стало бы излишним» [Там же. С. 222].

«Все наши основные принципы механики представляют собою, как это было уже подробно показано, данные опыта об относительных положениях и движениях тел» [Там же. С. 194].

Наконец, приведем высказывание А. Эйнштейна о Махе: *«Мах в девятнадцатом столетии был единственным, кто серьезно думал об исключении понятия пространства, которое он пытался заменить представлением о всей сумме расстояний между всеми материальными точками»* [11. С. 749].

Ряд коллег, в том числе и современников Маха, критически относились к реляционным идеям Маха. Так было принято относиться к его идеям и в нашей стране в середине XX века. Однако время уже многое расставило по своим местам. Но лучше всего сказал по аналогичному поводу сам Мах: *«Но что нам сказать о той суровой придирчивой критике, которой подверглись мысли Гаусса, Римана и их товарищей со стороны людей, занимающих выдающееся положение в науке? Неужели им на себе самих не пришлось никогда испытать того, что исследователь на крайних границах знания находит часто то, что не может быть гладко и немедленно усвоено каждым умом и что тем не менее далеко не бессмысленно? Конечно, и такие исследователи могут впадать в ошибки. Но ошибки иных людей бывают нередко по своим последствиям плодотворнее, чем открытия других»* [10. С. 400–401].

1.3. Реляционный подход к природе пространства-времени в начале XX века

Есть достаточно оснований утверждать, что созданная в начале XX века специальная теория относительности в основном соответствует идеям реляционного подхода. Во-первых, это следует из того, что главным понятием этой теории является интервал – числовое отношение между событиями. Во-вторых, это понятие вводится лишь только для событий с материальными объектами.

В связи с этим интересна позиция создателей специальной теории относительности. Так, А. Пуанкаре (1854–1912) в своих рассуждениях опирался главным образом на **две ключевые физические категории: частиц и пространства-времени**. При этом он считал, что *«если бы не было твердых тел в природе, не было бы и геометрии»* [12. С. 48].

Он подчеркивал, что **пространство и геометрия являются идеальными конструкциями**, совокупностью удобных соглашений, порожденных опытом и формой мышления. Он писал: *«Мы видим, что опыт играет необходимую роль в происхождении геометрии; но было бы ошибкой заключить, что геометрия – хотя бы отчасти – является экспериментальной наукой. Если бы она была экспериментальной наукой, она имела бы только временное, приближенное – и весьма грубо приближенное! – значение. Она была бы только наукой о движении твердых тел. Но на самом деле она не занимается реальными твердыми телами; она имеет своим предметом некие идеальные тела, абсолютно неизменные, которые являются только упрощенным и очень удаленным отображением реальных тел. Понятие об этих идеальных телах целиком извлечено нами из недр нашего духа, и опыт представляет только повод, побуждающий нас его использовать. Предмет геометрии составляет изучение лишь частной “группы” перемещений, но общее понятие группы существует раньше в нашем уме (*dans notre esprit*), по крайней мере в виде возможности. Оно присуще нам не как форма нашего восприятия, а как форма нашей способности суждений»* [Там же. С. 53].

Пуанкаре настаивал на том, что *«опыты относятся не к пространству, а к телам»* [Там же. С. 60]. Отсюда следовало, что любой опыт можно интерпретировать двояко: либо через проявления свойств пространства, либо через особые закономерности поведения тел. Отсюда он делал вывод: *«Поскольку невозможно указать конкретный опыт, который*

мог бы быть истолкован в евклидовой системе и не мог бы быть истолкован в системе Лобачевского, то я могу заключить: никогда никакой опыт не окажется в противоречии с постулатом Евклида, но зато и никакой опыт не будет никогда в противоречии с постулатом Лобачевского» [Там же. С. 55].

К сожалению, А. Пуанкаре не дожил до открытия общей теории относительности, хотя и содействовал этому, во-первых, в виде вклада в создание специальной теории относительности и, во-вторых, в его более поздних работах уже была рассмотрена теория гравитационного поля в пространстве-времени Минковского. Гравитация и теория относительности (пока лишь специальная) уже были поставлены рядом.

В философской литературе взгляды Пуанкаре о принципиальной равноценности евклидовой и неевклидовых геометрий и о выборе одной из них по соображениям удобства называют конвенционалистскими. Отметим, что на определенном этапе развития физики подобным образом можно относиться и к трем миропониманиям: теоретико-полевому, геометрическому и реляционному, – считать, что выбор того или иного из них является делом вкуса или удобства исследователя. Однако в нашем подходе (временно) предлагается это трактовать как их дополнительность. Разные миропонимания позволяют разглядеть дополняющие друг друга закономерности (стороны) единого мироздания и на этой основе шагнуть дальше. При этом, как нам представляется, наиболее перспективным является именно реляционный подход к физической реальности.

Отметим, что другой ключевой участник создания специальной теории относительности – Г. Минковский (1864–1909) – придерживался, скорее, субстанциального подхода к природе пространства-времени [13].

1.4. Диалектический материализм о природе пространства-времени

Поскольку выбор между субстанциальным и реляционным подходами к пространству-времени затрагивает метафизические основания физики, определенный историко-научный интерес представляет понимание этой проблемы с позиции диалектического материализма. Это сыграло немаловажную (скорее, отрицательную) роль в развитии реляционных представлений в трудах отечественных ученых.

Следует напомнить, что в самом начале XX века В.И. Ленин (1870–1924) в пылу борьбы со своими политическими противниками, симпатизировавшими идеям Маха, в своей книге «Материализм и эмпириокритицизм» обрушился на взгляды Маха. Он писал: *«Если время и пространство только понятия, то человечество, их создавшее, вправе выходить за их пределы, и буржуазные профессора вправе получать жалованье от реакционных правительств за отстаивание законности этого выхода, за прямую или косвенную защиту средневековой “бесмысленности”»* [14. С. 173]. И далее заявил, что *«взгляды Маха так относятся к естествознанию, как поцелуй Иуды относится к Христу»*.

Сейчас уже можно поставить вопрос, что мог понимать юрист Ульянов в основаниях фундаментальной физики того времени? Однако мнение создателя советского государства послужило серьезным основанием для гонений в нашей стране на всех приверженцев идей Маха на протяжении большей части XX века. Многие труды Маха и сторонников его взглядов были уничтожены в нашей стране, а потом и в странах социалистического лагеря. Издавались лишь публикации критического характера о Махе.¹⁾

В 60-х годах XX века отношение к реляционным идеям в нашей стране стали меняться. Так, в одном из наиболее квалифицированных учебных пособий по философии естествознания того времени давалась следующая характеристика двух подходов к природе пространства-времени: *«Историче-*

¹⁾ Во время подготовки в Чехословакии празднования 150-летия со дня рождения Э. Маха выяснились любопытные обстоятельства, связанные с памятной доской на доме в пригороде Брно (ныне Чехия), где он родился. Эта доска была помещена на фасаде дома в 1938 году в связи с празднованием 100-летней годовщины со дня рождения великого ученого. Во время оккупации Чехословакии фашистской Германией выяснилось, что новым властям память о Махе была неуживчива. Доска была снята и водружена на место лишь в 1945 году. Но после провозглашения в стране социализма прокоммунистические власти опять приказали убрать мемориальную доску, и некоторое время спустя ее видели в куче мусора недалеко от дома. Потом она исчезла. Все поиски доски в канун празднования 150-летия со дня рождения Маха не привели к успеху, и была изготовлена и установлена новая мемориальная доска. Возвращаясь к вопросу соотношения физики (науки) и политики, любопытно отметить, что научные идеи Маха оказались неуживчивыми как фашистским, так и социалистическим режимам.

ски 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 ее пустые вместители. <...> Второй подход можно назвать реляционной концепцией пространства и времени. Наметки ее можно обнаружить еще у Аристотеля, но впервые со всей четкостью она сформулирована Г. Лейбницем. <...> 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» [15. С. 137–139]. Таким образом, в диалектическом материализме категория пространственно-временных отношений трактовалась как форма существования материи.

Далее автор (эта часть книга писалась Л.Б. Баженовым) делает уточнение: «Субстанциальная и реляционная концепции не связаны однозначно с материализмом и идеализмом. Здесь возможны любые сочетания» [Там же. С. 139]. Это замечание затушевывает метафизический характер используемой философской системы и делает ее безликой в столь важном вопросе для физики. Анализ показывает, что истинному диалектическому материализму должны были бы соответствовать взгляды Лейбница и Маха на пространство и время, однако философы были скованы критикой идей Маха в известной книге В.И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм», предопределившей расплывчатую позицию отечественных философов и ученых в столь важном вопросе для всего естествознания.

1.5. Реляционный взгляд на пространство-время во второй половине XX – начале XXI века

Уже с середины XX века ряд зарубежных физиков-теоретиков и математиков стали настойчиво высказывать мысль о необходимости перестройки классических пространственно-временных представлений (геометрии) на реляционных началах. Так нидерландский математик Д. Ван

Данциг (1900–1959) в своей статье «О соотношении между геометрией и физикой и пространство-время» призывал «к построению более реалистичной модели физики, так называемой “модели вспышек”, где материя представляется в виде конечного числа конечных групп элементарных событий, называемых вспышками, где идеальные группы представляют импульс энергии, а также пространственно-временные отношения. Программа устранения из фундамента математической физики идеи пространственно-временного континуума и замены его на конечный набор дискретных событий с пространственно-временными отношениями между ними может быть поддержана теми аргументами, которые первоначально привели Эйнштейна к специальной и общей теории относительности» [16. С. 569].

Близкие идеи обсуждались в работах американского физика-теоретика Роберта Дикке (1916–1997). В своей статье «Многоликий Мах» он писал: «Довольно любопытно, что до сих пор, насколько мне известно, были выдвинуты лишь два представления о физическом пространстве. Даже если мы обратимся к древним грекам, то и у них не обнаружим каких-нибудь представлений, кроме этих двух. Одно из них – представление об абсолютном пространстве» [17. С. 221]. Далее он отмечал важную роль Ньютона в распространении среди физиков именно этого подхода к природе пространства-времени. Далее он писал о другом – реляционном подходе: «Любопытно, что другое представление о пространстве также не ново и восходит, по крайней мере, к началу XVIII столетия. Впервые оно было выражено, по-видимому, в высказываниях знаменитого британского философа епископа Беркли» [Там же, С.222]. Дикке отнес себя к сторонникам именно второго подхода.

Дискуссия по проблеме выбора реляционного или субстанциального подхода к сущности пространства-времени обострилась на рубеже XX и XXI веков в связи с трудностями, возникшими в программе суперструн. Сторонники этой программы, продумывая основания своей теории, уже вынуждены обратить внимание на альтернативный взгляд в виде реляционной концепции. Так, Б. Грин в заключительной части своей книги, посвященной теории суперструн, пишет: «Готфрид Лейбниц и другие шумно спорили, провозглашая, что пространство и время – всего лишь регистрационные приборы для удобной записи соотношений между объек-

тами и событиями во Вселенной. Положение объекта в пространстве и во времени имеет смысл только в сравнении с другим объектом. Пространство и время есть лишь словарь для разговора об этих отношениях, ничего более. Несмотря на то, что точка зрения Ньютона, поддержанная его тремя экспериментально проверенными законами движения, господствовала в течение более двух сотен лет, концепция Лейбница, развитая австрийским физиком Эрнстом Махом, гораздо ближе к современной картине» [18. С. 242].

Аналогичные высказывания можно найти в книге французского физика-теоретика Карло Ровелли «Нереальная реальность. Путешествие по квантовой петле». В ней один из разделов так и назван «Реальность реляционна». В нем он пишет: «Природа описывает не то, где находятся частица, но то, как частица **проявляет себя по отношению к другим**. Мир существующих вещей сокращается до мира возможных взаимодействий. Реальность редуцируется до взаимодействия. В некотором смысле это лишь расширение относительности, хотя и весьма радикальное. Аристотель первым отметил, что мы воспринимаем лишь относительную скорость. На корабле, например, мы говорим о нашей скорости относительно корабля; на суше – относительно Земли. Галилей понял, что этим объясняется, почему мы не чувствуем движения Земли относительно Солнца. Скорость – это не свойство объекта самого по себе, это свойство движения объекта **по отношению к другому объекту**. Эйнштейн перенес понятие относительности на время: мы можем сказать, что два события одновременны, только относительно определенного состояния движения» [19. С. 155–156].

2. Дискуссии о концепциях дальнодействия и близкодействия

Перейдем к рассмотрению второго фактора, определяющего реляционное миропонимание (парадигму), – концепции дальнодействия.

Следует сразу же подчеркнуть, что в теории физических взаимодействий, как и в понимании природы пространства-времени, оказались представленными две концепции взаимодействий: **близкодействие и дальнодействие**. Концепция близкодействия согласуется с субстанциальным пониманием природы пространства-времени, т.е. с его моделью в виде со-

суда, вместилища всего сущего. С эфиром или без него она отвечает на вопрос, как акт взаимодействия преодолевает пространственно-временную разнесенность объектов и событий. Концепция же дальнего действия соответствует реляционному пониманию сущности пространства-времени и идет вразрез с доминирующей ныне концепцией ближнего действия в теоретико-полевой и геометрической парадигмах.

Напомним, что термин *дальнее действие* часто употребляется в нескольких трактовках. Во-первых, данный термин может означать взаимодействие между двумя объектами, передающееся на расстоянии без посредников. В этом смысле термин дальнее действие противоположен понятию *ближнего действия*, когда взаимодействие передается с помощью некой среды или посредника. Во-вторых, этот термин часто ассоциируется с передачей воздействия от одного объекта к другому с бесконечной скоростью безотносительно к наличию посредника. В-третьих, данный термин иногда связывают с тем, как быстро убывают с расстоянием соответствующие силы или потенциалы. Так, гравитационное и электромагнитное взаимодействия в последней трактовке относят к дальнему действию, тогда как слабое или сильное (ядерное) – к ближнему действию. Сразу же подчеркнем, что в данной статье в термин *дальнее действие* вкладывается именно первый смысл – *передача воздействий без посредника*.

В XX веке концепция дальнего действия в наиболее развитом виде была представлена теорией прямого межчастичного взаимодействия (action-at-a-distance) Фоккера – Фейнмана (см. [20]). В соответствии с приведенным пониманием дальнего действия в этой теории категория полей (переносчиков взаимодействий) исключается из числа исходных понятий: поля могут вводиться на некотором этапе развития теории, но лишь как вторичные вспомогательные понятия, строящиеся из характеристик взаимодействующих частиц.

Аналогично тому, как в понимании геометрии имела место многовековая дискуссия между сторонниками двух трактовок природы пространства-времени, так и в физике происходила длительная дискуссия между приверженцами двух концепций описания взаимодействий – ближнего действия или дальнего действия.

2.1. Истоки дискуссий

Часто концепция дальнего действия связывается с взглядами Ньютона (1643–1727), однако он не был последовательным ее сторонником. Так, в письме к Бенгли он писал: *«Нельзя представить себе, каким образом неодушевленное грубое вещество могло бы без посредства чего-либо постороннего, которое нематериально, действовать на другое вещество иначе, как при взаимном прикосновении. А так должно было быть, если бы тяготение было, в смысле Эпикура, присуще материи. Вот почему я желал бы, чтобы Вы не приписывали мне учения о тяжести, прирожденной материи. Допустить, что тяготение врождено материи, присуще ей так, что одно тело должно действовать на расстоянии через пустоту на другое без посредства чего-либо постороннего, помощью которого действие и сила от одного тела проводится к другому, есть для меня такая нелепость, что, полагаю, в нее не впадает ни один человек, способный к мышлению о философских вещах. Тяготение должно вызываться некоторым фактором, действующим согласно определенным законам»* (цит. по [21. С. 155]).

Сторонники концепции близкого действия обычно приводят эту цитату для подтверждения того, что Ньютон отвергал концепцию дальнего действия. Однако при этом опускается продолжение этой цитаты: *«Какой это фактор, материальный и нематериальный, – я представляю размышлению моих читателей»* [Там же]. В своих работах Ньютон то вводил эфир, то исключал его. Видимо, он чувствовал всю глубину этой проблемы, много о ней размышлял, но не смог сделать окончательный выбор. Судя по другим его высказываниям, письмам и свидетельствам его современников, Ньютон склонялся к мистико-религиозному решению этого вопроса. Так, в записках его современника Грегори говорится: *«У него были сомнения, может ли он выразить последний вопрос так: чем наполнено пространство, свободное от тел? Полная истина в том, что он верит в вездесущее Божество в буквальном смысле. Так, как мы чувствуем предметы, когда изображения их доходят до мозга, так и Бог должен чувствовать всякую вещь, всегда присутствуя при ней. Он полагает, что Бог присутствует в пространстве как в свободном от тел, так и там, где тела присутствуют»* [Там же. С. 152]. В «Оптике» Ньютон называет пространство *«чувствилищем (Sensorium) Бога»*.

Явно в пользу концепции дальнего действия высказывался Г. Лейбниц (1646–1716). Так, в пятом письме к Кларку он писал: *«Я говорил о том, что притяжение в собственном смысле слова или по образу схоластических качеств было бы действом на расстоянии без посредника. Теперь мне отвечают, притяжение без посредника было бы противоречием. Отлично, но как тогда истолковать то, что Солнце должно притягивать земной шар через пустое пространство? Может быть, посредником служит Бог? Если бы это было так, то это было бы чудом, ибо превзошло бы силы созданных вещей»* [5. С. 499].

Так, начиная с работ Ньютона и Лейбница, в физике возникла дилемма: какая концепция должна лежать в основе физической картины мира – дальнее действие или ближнее действие? В дальнейшем предпочтение отдавалось то одной из них, то другой.

2.2. Доминирование концепции дальнего действия в середине XIX века

Несмотря на широкое признание механики Ньютона, в начале и, особенно, в середине XIX века в физике доминировала концепция дальнего действия. Главными сторонниками этой концепции выступали ведущие представители немецкой физической школы: В. Вебер (1804–1891), Л. Лоренц (1829–1891), Франц Нейман (1798–1895), Карл Нейман (1832–1925), Г.Т. Фехнер (1801–1887), К.Ф. Целльнер (1834–1882) и некоторые другие (см. [9]). К ним примыкали математики Б. Риман (1826–1866) и К. Гаусс (1777–1855). Напомним, их имена связаны с открытием неевклидовых геометрий, приведших к созданию общей теории относительности.

Известно, что в 1845 году В. Вебер отправил на отзыв Гауссу свою работу «О всеобщем законе электрического действия», в которой излагались его взгляды в русле концепции запаздывающего дальнего действия, т. е. передающегося от одного заряда к другому с конечной скоростью. В ответном письме К. Гаусс с одобрением отозвался о его работе и упомянул о своих размышлениях над этой проблемой: *«Я бы, без сомнения, давно опубликовал результаты моих исследований, если бы в то время не забросил их, поскольку мне не удалось найти то, что я считал краеугольным камнем: Nil actum reputans si quid superesset agendum* [Пока не все сде-

лано, считай, что ничего не сделано (лат.)), а именно вывод добавочных сил, дополняющих взаимодействие покоящихся электрических зарядов, когда они оба находятся в движении, – из действия, которое распространяется не мгновенно, но с течением времени, как в случае света» (Цит. по [22. С. 506]). Известно, что добавочные силы (силы Лоренца) затем были обоснованы в рамках максвелловской теории электромагнитного поля, которая надолго затмила концепцию дальнего действия.

Представителями немецкой физической школы в рамках концепции дальнего действия было высказано много соображений, значительно опередивших свое время и предвосхитивших многое из того, что было получено значительно позже. Опираясь на исследования по истории физики [9], перечислим некоторые из них:

1. В работах В. Вебера, К.Ф. Целльнера и других дальнее действие понималось как передающееся с некой конечной скоростью, т. е. были обобщены традиционные в начале XIX века представления о бесконечной скорости распространения дальнего действующего взаимодействия.

2. В работах К. Неймана и других отвергалось распространение электрического взаимодействия вне зависимости от существования «излучателя» и «приемника». Предполагалось обязательное наличие как источника, так и поглотителя, т. е. принципиально отвергалось излучение источником в пустоту (в никуда).

3. Особо следует выделить работы К.Ф. Целльнера, в которых была выдвинута важная гипотеза: «Многие явления, для которых физика еще не нашла адекватного объяснения, на самом деле происходят в четырехмерном мире. При этом наши органы чувств фиксируют своего рода проекцию «четырехмерных процессов на трехмерный мир»» [9. С. 244]. Примечательно, что к 4-мерным процессам Целльнер относил не только гравитационное, но и электрическое взаимодействие. Конечно, четвертое измерение подразумевалось пространственным, а не времени-подобным, как в специальной теории относительности.

4. Целльнер пошел дальше теории взаимодействий. В орбиту его размышлений попали и вопросы о сущности самого пространства. Целльнер отвергал ньютоново абсолютное пространство и связывал понятие пространства с взаимодействиями объектов: «пространство трех измерений опреде-

ляется законом, по которому взаимодействие тел может меняться без изменения самих тел» [9. С.244].

5. Высказывались и другие идеи, в частности, уже в 70-е годы XIX столетия Целльнер проявлял интерес к работам Н.И. Лобачевского, Я. Бояи, Б. Римана по неевклидовым геометриям.

2.3. Выдвижение на первый план концепции близкодействия к концу XIX века

После известных работ М. Фарадея (1791–1867) и Д.К. Максвелла (1831–1879) идеи сторонников дальнего действия (немецкой физической школы) стали отходить на второй план, и главенствующее положение в физике стала занимать английская физическая школа, опиравшаяся на концепцию близкодействия. Максвелл посвятил критике концепции дальнего действия специальный раздел своего обширного «Трактата об электричестве и магнетизме». В этом разделе он упоминает письмо Гаусса к В. Веберу и критикует его за идеи, близкие концепции дальнего действия, и, в частности, его размышления о запаздывающих взаимодействиях.

В своем трактате Максвелл также раскритиковал взгляды Б. Римана, К. Неймана и Бетти. Он писал: *«По-видимому, в умах этих выдающихся людей существует некоторое предубеждение, или **априорное** возражение против гипотезы среды, в которой имеют место явления излучения света и тепла, а также электрические действия на расстоянии при помощи специальной эфирной жидкости, функцией и свойством которой было бы производить эти действия.* <...> *Более рационалистические исследователи готовы были скорее принять не только конкретный закон притяжения на расстоянии Ньютона, но даже постулат Котса (Cotes) о том, что действие на расстоянии является одним из первичных свойств материи и что никакое объяснение не может быть более понятным, чем этот факт»* [23. С. 379].

Максвелл подчеркивал, что отрицание промежуточной среды и принятие концепции дальнего действия препятствовали принятию идеи о волновой природе света. Он писал: *«В настоящее время мы не можем понять распространение во времени иначе, чем как полет материальной субстанции через пространство, либо как распространение состояния*

движения или напряжения в среде, уже существующей в пространстве» [Там же, С. 380].

Особого внимания заслуживают высказанные Максвеллом возражения против идеи о запаздывающем дальнего действия этих авторов: *«Но во всех этих теориях естественно встает вопрос: если нечто передается от одной частицы к другой на расстоянии, то каково его состояние после того, как оно покинуло одну частицу, но еще не достигло другой?» [Там же, С. 380].* Заметим, что этот вопрос затем ставился другими авторами в аналогичных дискуссиях уже в XX веке.

В заключение Максвелл делает вывод: *«Следовательно, все эти теории ведут к понятию среды, в которой имеет место распространение, и если мы примем эту среду за гипотезу, я думаю, она должна занять выдающееся место в наших исследованиях и следует попытаться построить мысленное представление ее действия во всех подробностях; это и явилось моей постоянной целью в настоящем трактате» [23. С. 380].*

Под напором подобных соображений в последней трети XIX века идеи концепции дальнего действия стали отступать на второй план. Кроме того, к тому времени в рамках самого реляционного подхода накопилось слишком много проблем, на которые тогда физика еще не могла дать ответ. Назовем главные из них:

1. Для концепции дальнего действия важны были представления об атомарной структуре материи, которые в тот период не представлялись очевидными.

2. В рамках концепции дальнего действия естественными были представления об элементарных носителях электрического заряда. Электроны тогда еще прочно не вошли в обиход физиков.

3. Говоря о запаздывающем дальнего действия, его сторонники еще не могли опереться на универсальную роль скорости света, которая была осознана лишь после открытия специальной теории относительности.

4. Были некоторые различия между формулами, описывающими электромагнитные взаимодействия частиц в рамках двух концепций. В теории поля они оказались более совершенными.

5. Дифференциальные уравнения, используемые в теории поля, давали ряд технических преимуществ по сравне-

нию с более громоздкими рассуждениями в рамках концепции дальнего действия.

Были и другие факторы как объективного, так и субъективного (психологического) характера.

В итоге после работ М. Фарадея и Д.К. Максвелла, увенчавшихся открытием уравнений электромагнитного поля, стало казаться, что в рамках теории поля удастся избежать трудностей прямого межчастичного взаимодействия. Концепция близкого действия тогда представлялась обладающей рядом неоспоримых преимуществ.

2.4. Возрождение концепции дальнего действия в первой трети XX века

Однако идеи концепции дальнего действия не были окончательно утрачены и получили свое развитие в работах Э. Маха, воспитанного в среде немецкой физической школы середины XIX века. Физика многим ему обязана и, главным образом, его глубокому критическому анализу оснований ньютоновой механики, критике представлений об абсолютных пространстве и времени. Так, рассматривая в своей книге «Познание и заблуждение» соотношение концепций дальнего действия и близкого действия, он писал: *«Мысль Ньютона о силах, действующих на расстоянии, была великим умственным событием, которое позволило в течение одного столетия построить однородную математическую физику. В этой мысли выразилась некоторая духовная дальность зрения. Он видел факт ускорений на расстоянии и признал его важное значение; посредники, передающие эти ускорения, казались ему неясными, и он до времени оставлял их без внимания»* [1. С. 420].

Соотношение двух концепций обсуждал также А. Пуанкаре в «Последних мыслях»: *«Нам представляется, что мы лучше понимаем передачу действия путем соприкосновения, нежели действие на расстоянии. Это последнее содержит в себе нечто таинственное, естественно наводящее на мысль о некотором вмешательстве в наш мир извне, и именно поэтому я говорю сейчас, что механицизм пронизан материализмом. Призвание ученых состоит в том, чтобы устранять все таинственное и тем самым всегда продвигаться хотя бы немного вперед. <...> И когда где-нибудь обнаруживают действие на расстоянии, стремятся представить себе и промежуточную среду, которая облада-*

ет свойством передавать это действие от точки к ближайшей точке. Однако на этом пути продвинулись не слишком-то далеко, ибо если эта среда непрерывна, то это не дает никакого удовлетворения нашей привязанности к простоте, т. е. нашей потребности все понимать. Если же она состоит из атомов, то атомы не могут находиться в постоянном соприкосновении, хотя они и расположены на очень малых расстояниях друг от друга, равных, по всей видимости, одной миллиардной миллиметра. Но это все-таки конечное расстояние и его значение такого же характера, как и километра, – для философа это в принципе одно и то же. Ведь необходимо, чтобы действие передавалось от одного атома к другому – только так оно становится действием на расстоянии» [12. С. 490].

Есть достаточно оснований утверждать, что создание специальной теории относительности осуществлялось на базе именно реляционных идей, в частности, концепции дальнего действия. Более того, как уже ранее отмечалось, А. Эйнштейн, создавая общую теорию относительности, руководствовался реляционными взглядами Э. Маха.

Важную роль в развитии концепции дальнего действия сыграли работы К. Шварцшильда (1873–1916), Г. Тетроде (1895–1931) и А.Д. Фоккера (1887–1972), благодаря которым были заложены математические основы теории прямого межчастичного взаимодействия. Было показано, что построенная в ее рамках теория электромагнетизма согласуется с теорией Максвелла для статических и стационарных электромагнитных явлений. Тогда же были выявлены и основные трудности, препятствовавшие развитию этой теории. Главная из них состояла в представлениях о равноправности запаздывающих и опережающих взаимодействий.

2.5. Дискуссии в Ленинградском политехе

В нашей стране в 20-е годы XX века также обсуждался вопрос о выборе одной из двух концепций описания взаимодействий. Были как сторонники концепции дальнего действия, так и ее противники. Так, например, О.Д. Хвольсон (1852–1934) в своем широко известном в 20-е – 30-е годы «Курсе физики» посвятил специальный параграф критике концепции дальнего действия. Он начинался словами: «Термином *«actio in distans»*, т. е. *«действие на расстоянии»* обозначается одно из наиболее вредных учений, когда-либо гос-

*подствовавших в физике и тормозивших ее развитие: это – учение, допускавшее возможность непосредственного действия чего-либо (А) на что-либо (В), находящееся от него на определенном и столь большом расстоянии, что соприкосновение между А и В происходить не может. <...> В настоящее время успело сделаться общим достоянием убеждение, что *actio in distans* не должна быть допускаема ни в одной области физических явлений. <...> Современная наука противится мысли о дальнодействии; считает невозможным, чтобы какое-либо тело действовало там, где оно не находится, и заменила дальное действие близкодействием, при котором всякое действие может быть произведено только в ближайшем соседстве с источником этого действия» [24. С. 181–183]. В завершении параграфа автор предупреждает «юных читателей не вдаваться в эту область фантазий» (имеется в виду учение о дальнодействии).*

Противоположную точку зрения в нашей стране активно отстаивал Я.И. Френкель (1894–1952), о чем свидетельствуют сохранившиеся стенограммы диспутов, проводившихся в Ленинградском политехническом институте в декабре 1929 года и в январе и марте 1930 года. На этих диспутах Френкель утверждал: «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 близкодействию, осуществляющемуся через какую-либо промежуточную материальную среду или при помощи материализованных силовых линий. <...> Разрешите мне сейчас 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 дальное действие. Не дальное действие оказывается необходимым сводить к близкодействию, а, наоборот, близкодействие к дальнодействию» [25. С. 73].

Упомянутые диспуты, начавшиеся с обсуждения вопроса о физическом смысле силовых линий, переросли в дискус-

сию о выборе одной из двух концепций – близкодействия или дальнодействия. Основным докладчиком, отстаивавшим концепцию близкодействия, был профессор политехнического института В.Ф. Миткевич (1872–1951). На первый план дискуссии выдвинулся поставленный им вопрос: Если взять два пространственно разделенных тела и окружить одно из них сферой радиуса, меньшего их взаимного расстояния, то при их взаимодействии пересекает ли нечто разделяющую их сферу? В зависимости от ответа «да» или «нет» участники диспута делились на сторонников близкодействия или дальнодействия соответственно.

Сам Миткевич говорил решительное «да». Френкель, являвшийся его главным оппонентом, занял противоположную позицию: *«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»* [25. С. 119].

В защиту своей позиции Френкель приводил три основных довода. Первый довод (он назвал его «антропоморфным») состоял в том, что у нас укоренились представления о воздействии на предметы лишь через непосредственное соприкосновение.

Второй довод кроется в привычке оперировать дифференциальными уравнениями, обычно ассоциируемыми с наличием сплошной среды.

Третий довод был близок к уже упоминавшейся позиции А. Пуанкаре. Френкель говорил: *«Если частицы, из которых состоит рассматриваемое тело, отделены друг от друга пустыми промежутками, то каким образом они действуют друг на друга? Вы можете сказать, что когда одно тело толкает другое, то одни частицы нажимают на соседние и таким образом осуществляется непосредственное соприкосновение. Ну а если вы тело растягиваете, как тогда действуют соседние частицы его друг на друга?»* [25. С. 76] Он утверждал, что введение новой межмолекулярной среды «нисколько не решает вопроса о сведении дальнодействия к близкодействию, а лишь сводит дальнодействие на очень малых расстояниях к дальнодействию на еще меньших расстояниях» [Там же].

Добавим к этому четвертый довод. Концепция близкодействия опирается, по-существу, на нерелятивистское понятие контакта, означающее, что взаимодействие осуществляется, когда расстояние между частицами i и j равно нулю ($r_{ij} = 0$). Частица взаимодействует с полем, находящимся в этой же точке, затем поле последовательно передает воздействие от одной точки пространства к другой, бесконечно близкой, по цепочке пока не достигнет положения второй частицы. В релятивистской теории, как известно, время и пространство объединяются в одно 4-мерное многообразие. Релятивистски неинвариантное понятие расстояния r_{ij} следует заменить на релятивистски инвариантное понятие интервала $s_{ij}^2 = c^2 t_{ij}^2 - r_{ij}^2$. Тогда релятивистское понятие контакта означает $s_{ij} = 0$, что соответствует взаимодействию (контакту) частиц на изотропных конусах с вершинами в местах расположения частиц. В этом смысле **можно считать теорию запаздывающего дальнего действия более соответствующей релятивистской идеологии (теории относительности), нежели общепринятую теорию поля.**

Мнения участников дискуссий разделились. На стороне Френкеля были И.Е. Тамм (1895–1971), С.И. Вавилов (1891–1951), Г.А. Гамов (1904–1968) и ряд других видных физиков, тогда как Миткевича поддерживал ряд лиц, имена которых уже мало что говорят современным читателям.

Главный итог диспутов состоял в констатации наличия двух взаимно исключаящих позиций. Аналогичные дискуссии продолжались на ряде сессий академии наук: в ноябре 1931 г., феврале и октябре 1933 г., в апреле 1934 г. и в марте 1936 г. Характер проходивших дискуссий отражен в статье А.С. Сониной [26], специально посвященной этому вопросу. Как пишет Сонин, были изъяны в позициях обеих сторон, причем приводимые автором оценки свидетельствуют об актуальности былых дискуссий и в наши дни.

Примечательна выявленная Сониным эволюция с течением времени позиций главных участников этих дискуссий. Позиция Миткевича осталась неизменной, тогда как Френкель свои взгляды постепенно менял. Как пишет Сонин: *«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 считал возможным от-*

нести 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» [26. С. 288]. Эти слова в какой-то степени подтверждаются статьей самого Я.И. Френкеля [27], опубликованной уже после его кончины сыном.

2.6. Судьба концепции дальнего действия в XX веке

Позже, уже в середине XX века существенный вклад в развитие реляционного подхода был сделан Р. Фейнманом (1918–1988). Следует отметить два его достижения в этой области физики. Первым было развитие классической теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия, в рамках которой он совместно с Дж. Уилером [28] попытался обосновать отсутствие опережающих взаимодействий.

Вторым важным достижением явилось построение фейнмановского варианта квантования на основе суммирования по историям частиц [29], причем этот результат был получен именно благодаря желанию распространить концепцию дальнего действия с классической физики на квантовую теорию. Фейнман писал: *«Теорию электромагнетизма, развитую Уилером и Фейнманом, можно сформулировать в виде принципа наименьшего действия, содержащего только координаты частиц. Именно попытка проквантовать эту теорию, не обращаясь к представлению о поле, и привела к изложенной здесь формулировке квантовой механики»* [29. С. 202]. Как отмечал сам Фейнман в своей Нобелевской лекции, его знаменитая диаграммная техника была сформулирована в рамках идеологии концепции дальнего действия.

Однако так получилось, что в дальнейших работах Фейнман стал проявлять осторожность и даже, можно сказать, стал выражать разочарование концепцией дальнего действия. Об этом свидетельствуют заключительные слова его Нобелевской лекции: *«А что стало со старой теорией, в которую я влюбился ещё юношей? Она теперь стала почтенной старой дамой, почти совсем потерявшей былую привлекательность. Сердце юноши уж не забьётся учащённо при виде её. Но о ней можно сказать самое лучшее, что можно сказать о пожилой женщине: что она хорошая мать и у нее очень хорошие дети. И я благодарен Шведской Академии*

наук за высокую оценку одного из них» [30. С. 231]. Можно сказать, что с Фейнманом в какой-то степени произошла история, аналогичная случившемуся с Френкелем. Кстати, в своих работах Фейнман ссылался на работы Френкеля.

Но на этом история с концепцией дальнего действия в XX веке не закончилась. Большую серию исследований по прямому межчастичному взаимодействию и принципу Маха с широким охватом проблем от физики микромира до космологии выполнили Ф. Хойл (1915–2001) и Дж. Нарликар [31]. На основе полученных результатов Нарликар решил заявить: *«Теперь можно обсуждать всю совокупность явлений квантовой электродинамики без обращения к теории поля. В результате этого устраняется любое возможное возражение против принципа дальнего действия, поскольку он применим к электродинамике»* [32. С. 512].

К этому следует добавить также серию работ П. Дэвиса [33].

Особо следует выделить ряд работ, в которых концепция дальнего действия была распространена на описание гравитационных взаимодействий. Так в работах Я.И. Грановского и А.А. Пантюшина в 1965–1969 гг. была построена теория прямого межчастичного гравитационного взаимодействия [34]. Затем аналогичный вариант теории гравитации развивался и применялся в работах К.А. Пирагаса с соавторами (1972–1995 гг.) [35]. В этих работах была развита теория гравитации, совпадающая с ОТО в первом приближении по гравитационной константе G и рассмотрен ряд ее приложений для анализа приближенных решений уравнений движения систем гравитирующих тел.

В наших работах с А.Ю. Турыгиным [20] теория прямого межчастичного гравитационного взаимодействия была обобщена с фоккеровского варианта 2-частичных взаимодействий на случай n -частичных взаимодействий, что позволило добиться согласия с выводами ОТО в более высоких приближениях по гравитационной константе.

В конце XX века в нашей стране последовательным сторонником реляционного подхода и, в частности, концепции дальнего действия был Г.В. Рязанов (1930–2017), который попытался на основе предложенного им обобщения работ Фейнмана и Уилера получить ряд принципиально новых результатов [36, 37].

3. Развитие представлений о принципе Маха

Под принципом Маха наиболее часто понимается его определение, данное Эйнштейном, – обусловленность сил инерции (масс) тел воздействием на них со стороны всей окружающей материи мира [38]. Однако в работах ряда авторов было продемонстрировано, что закономерности окружающего мира обуславливают и другие локальные свойства как классических систем, так и микросистем. В связи с этим в наших работах [3, 4] было предложено более широкое **определение принципа Маха: как принципа обусловленности наблюдаемых свойств материальных образований закономерностями и распределением всей материи мира.** Будем придерживаться именно этого понимания принципа Маха.

Принципу Маха, как и двум другим составляющим реляционного подхода, имеется альтернатива – стремление обосновывать свойства наблюдаемых микро- и макросистем локальными факторами, например, флуктуациями вакуума. Ряд физиков предлагает таким образом описывать не только свойства частиц, но и само их происхождение. Отметим, что в настоящее время альтернатива принципу Маха пользуется значительно большей популярностью, нежели идеология принципа Маха. В современной литературе много пишется о природе хиггсовских скалярных бозонов, об их роли в происхождении масс элементарных частиц и о многом тому подобном.

В связи с этим важно напомнить, что на протяжении нескольких веков видные мыслители обращали внимание на важность идеи о зависимости свойств наблюдаемых объектов от глобальных свойств окружающего мира. Многие авторы стремились построить конкретную физическую теорию этой зависимости, причем пытались это сделать как в рамках триалистической (ньютоновской) парадигмы, так и в трех дуалистических парадигмах, оформившихся уже в XX веке.

В этой части статьи выделены и кратко охарактеризованы главные этапы развития представлений о сущности и проявлениях принципа Маха.

3.1. Предварительные соображения в русле принципа Маха

К первому этапу отнесем предварительные высказывания об идее воздействия окружающего мира на свойства наблюдаемых систем. Здесь опять следует начать с соображений на этот счет Г. Лейбница, Р.И. Бошковича, Э. Маха и ряда других мыслителей прошлого.

Так, Г. Лейбниц (1646–1716) в «Монадологии» писал: *«Ибо так как все наполнено (что делает всю материю связною) и в наполненном пространстве всякое движение производит некоторое действие на удаленные тела по мере их отдаления. <...> И, следовательно, всякое тело чувствует все, что совершается в универсуме, так что тот, кто видит, мог бы в каждом теле прочесть, что совершается повсюду, и даже то, что совершилось или еще совершится, замечая в настоящем то, что удалено по времени и месту: все дышит взаимным согласием, как говорил Гиппократ»* [39. С. 423].

Эти мысли Лейбница более подробно излагаются в книге Фишера, где подчеркивается: *«Стало быть, невозможно также, чтобы данная вещь представляла только свою индивидуальность, не включая в это представление непосредственно всех остальных индивидуумов. Если мы назовем совокупность или порядок вещей миром, то этот индивидуум возможен только в этом мире, в этом порядке вещей и не может без него ни существовать, ни быть понятным; поэтому природа каждого существа заключает в себе связь со всеми остальными, стало быть, саму Вселенную. Если, говоря словами Лессинга, в мире ничто не изолировано, то не может быть изолирован ни один индивидуум: в таком случае представление этого индивидуума есть непосредственно представление всех, или каждая монада есть представитель Вселенной: в своей самостоятельности она есть не только мир сам по себе, но, так как она существует в связи со всеми остальными, вместе с тем и этот большой мир в миниатюре, т. е. микрокосм, малый мир (petit monde), сконцентрированная Вселенная (univers concentre)»* [6. С. 432].

В XIX веке в виде понятия «каталитической силы» со стороны окружающего мира подобную мысль высказывал Й.Я. Берцелиус (1779–1848), а затем на эту тему писали В.Э. Вебер (1804–1848), К.Ф. Целльнер (1834–1882) и другие представители немецкой физической школы. Так Вебер, обсуждая проблемы описания взаимодействий, пришел к важному выводу: *«непосредственное взаимодействие двух электрических масс зависит не только от этих масс, но также от присутствия третьего тела»* (Цит. по [9. С. 225]).

Уже на рубеже XIX и XX веков данную идею отстаивал Э. Мах (1838–1916), воспитанный на взглядах немецкой физической школы середины XIX века. Он настойчиво подчеркивал, что *«мы не должны забывать того, что все вещи не-*

разрывно связаны между собой и что мы сами со всеми нашими мыслями составляем лишь часть природы» [1. С. 190]. Отметим, что в работах Маха можно найти не только качественные высказывания, но и некоторые предпосылки к количественному описанию выдвигаемых им идей.

3.2. Формулировка принципа Маха Эйнштейном

Ко второму этапу развития идеи о влиянии окружающего мира на локальные свойства объектов следует отнести период создания общей теории относительности в первые два десятилетия XX века. Многие авторы отмечали, что идеи Маха сыграли важную роль в создании А. Эйнштейном (1879–1955) общей теории относительности. Приверженность Эйнштейна идеям Маха проявилась, например, в его письме к Маху от 25 июня 1913 года: *«В будущем году во время солнечного затмения будет проверено, изгибаются ли световые лучи Солнцем или, другими словами, верно ли основное фундаментальное предположение об эквивалентности ускоренной системы и гравитационного поля. Если это так, то Ваши вдохновляющие исследования об основах механики – вопреки несправедливой критике Планка – получают блестящее подтверждение. Тогда неизбежным будет то, что инерция проявляется как своего рода взаимодействие тел, вполне в духе Вашей критики ньютоновского эксперимента с вращающимся сосудом» [40. С. 262].*

Исходя из своего понимания идей Маха, Эйнштейн ожидал, что в создаваемой им теории должен проявляться ряд существенных следствий. Ожидалось, что одним из них должна быть зависимость пробных масс объектов от расположения вблизи них других массивных объектов. Об этом он писал в своей статье 1912 года *«Существует ли гравитационное воздействие, аналогичное электродинамической индукции?» [41. С. 225].*

Как уже отмечалось, сам термин «принцип Маха» был введен Эйнштейном. Так в 1919 году Эйнштейн в своей статье *«Принципиальное содержание общей теории относительности»* писал: *«Теория, как мне кажется сегодня, покоится на трех основных положениях, которые ни в какой степени не зависят друг от друга. Ниже они будут коротко сформулированы, а в дальнейшем освещены с некоторых сторон.*

а) Принцип относительности: законы природы являются лишь высказываниями о пространственно-временных

совпадениях; поэтому они находят свое естественное выражение в общековариантных уравнениях.

б) Принцип эквивалентности: инерция и тяжесть тождественны; отсюда и в результате специальной теории относительности неизбежно следует, что симметричный “фундаментальный тензор” определяет метрические свойства пространства, движение тел по инерции в нем, а также и действие гравитации. Описываемое фундаментальным тензором состояние пространства мы будем обозначать как “ G -поле”.

в) Принцип Маха: G -поле полностью определено масса-ми тел» [38. С. 613].

Ниже, в примечании Эйнштейн поясняет третий принцип: «Название “принцип Маха” выбрано потому, что этот принцип является обобщением требования Маха, что инерция сводится к взаимодействию тел».

Стремление реализовать этот принцип в рамках общей теории относительности сказалось на построении Эйнштейном статического космологического решения. Найденное им первое космологическое решение представляло собой модель замкнутого пространственного мира, описываемого сферической геометрией Римана (постоянной положительной кривизны). В случае такой космологической модели имеется конкретная возможность говорить о проявлениях принципа Маха через значение полной массы всего окружающего мира.

Однако вскоре Эйнштейн осознал, что созданная им общая теория относительности фактически основала новую – геометрическую – парадигму, существенно отличающуюся от сложившейся к началу XX века триалистической парадигмы. На самом деле принципы, заложенные в основания общей теории относительности, оказались отличными от реляционных идей Лейбница и Маха. Как позже писал Эйнштейн: «По мнению Маха в действительно рациональной теории инертность должна, подобно другим ньютоновским силам, происходить от взаимодействия масс. Это мнение я в принципе считал правильным. Оно неявным образом предполагает, однако, что теория, на которой все основано, должна принадлежать тому же общему типу, как и ньютоновская механика: основными понятиями в ней должны служить массы и взаимодействия между ними. Между тем не трудно видеть, что такая попытка не вяжется с духом теории поля» [42. С. 268]. Здесь следует уточнить послед-

нюю фразу, – эта попытка не соответствовала духу геометрической парадигмы.

Принципиальная неувязка общей теории относительности с принципом Маха сказалась уже в самом важном решении уравнений Эйнштейна – в метрике Шварцшильда, где источником искривленности пространства-времени является центральная масса, тогда как вдали от нее ничего нет, – на больших расстояниях метрика плоская.

Трудности с описанием проявлений принципа Маха возникают также в открытых космологических моделях, найденных Фридманом. Можно высказать предположение, что именно это обусловило временное их неприятие Эйнштейном.

Идеи, ныне трактуемые как принцип Маха, обсуждались в первой трети XX века и рядом других творцов геометрической парадигмы: Г. Вейлем, А. Эддингтоном и некоторыми другими.

3.3. Мировой поглотитель Фейнмана – Уилера

К третьему этапу развития представлений о принципе Маха следует отнести его обсуждение в рамках теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия в трудах А. Фоккера, Р. Фейнмана, Дж. Уилера и ряда других авторов.

Уже отмечалось, что как в общепринятой теоретико-полевой парадигме, так и в теории прямого межчастичного взаимодействия возникают опережающие и запаздывающие решения уравнений. Многих исследователей волновал вопрос обоснования волевого исключения опережающих взаимодействий. Дж. Уилером и Р. Фейнманом [28] была предпринята попытка устранить опережающие взаимодействия между парами заряженных объектов путем учета опережающих же воздействий на них со стороны материи всего окружающего мира. Полученный ими результат выглядел убедительным. Более того, ими на этой же основе было дано обоснование возникновения силы тормозного электромагнитного излучения в уравнениях движения заряженных частиц. Эти результаты, естественно трактовались соответствующими принципу Маха.

Отметим, что Фейнман и через много лет после своих классических работ, выполненных совместно с Уилером, продолжал придавать большое значение принципу Маха. В своих «Фейнмановских лекциях по гравитации» он писал: *«Мах чувствовал, что концепция абсолютного ускорения относительно “пространства” не имеет глубокого смысла,*

что вместо этой концепции обычные абсолютные ускорения классической физики должны быть перефразированы как ускорения относительно распределения удаленного вещества. <...> Когда мы рассматриваем это понятие, как фундаментальное предположение или постулат, оно известно как принцип Маха. Возможно, что эта концепция сама по себе может привести к глубоким физическим результатам, многие из которых могут быть получены на том же самом пути, что и принцип относительности» [43. С. 132].

Дж. Уилер также уделял значительное внимание обсуждению принципа Маха. Так, во время посещения физического факультета МГУ в 1971 году он на стене кафедры теоретической физики написал: «Не может быть теории, объясняющей элементарные частицы, которая имеет дело только с частицами». Как следовало из разговора Дж. Уилера с профессором Д.Д. Иваненко, при написании этой фразы Уилер имел в виду влияние окружающего мира на свойства элементарных частиц, то есть фактически необходимость учета принципа Маха.

3.4. Работы Ф. Хойла и Дж. Нарликара по обоснованию масс принципом Маха

К четвертому этапу развития идей Маха следует отнести цикл исследований Ф. Хойла и Дж. Нарликара. Так Нарликар по поводу отказа Эйнштейна от принципа Маха писал: «Ньютоновская концепция инерции и ее измерение в единицах массы были для него неудовлетворительными. Если масса – количество материи в теле, то как понимать ее измерение? Для Маха масса и инерция были не внутренними свойствами тела, а следствиями существования во Вселенной, содержащей другую материю. Для того, чтобы измерить массу, необходимо использовать соотношение $F = m \cdot a$, то есть измерить силу и поделить ее на производимое ею ускорение. Но 2-ой закон Ньютона сам зависит от использования абсолютного пространства, которое теперь идентифицируется с фоновым пространством далекой материи. Таким образом, согласно идее Маха, масса как-то определяется далекой материей» [32. С. 500].

Для реализации принципа Маха в такой его формулировке Ф. Хойл и Дж. Нарликар в большой серии работ (1964–1979) развили специальную теорию (см. [31]), назван-

ную ими теорией прямого межчастичного гравитационного взаимодействия, однако ее правильнее было бы назвать специальным вариантом теории прямого межчастичного *скалярного* взаимодействия на фоне искривленного пространства-времени общей теории относительности. Полученные Хойлом и Нарликаром результаты демонстрирует другой вариант теории фоккеровского типа – **теорию прямого межчастичного скалярного взаимодействия**.

Впоследствии Нарликар, продолжая исследования реляционного подхода к мирозданию, пришел к важным выводам. Он писал: *«Теперь можно обсуждать всю совокупность явлений квантовой электродинамики без обращения к теории поля. В результате этого устраняется любое возражение против принципа дальнего действия, поскольку он применим к электродинамике. Решающую роль во всем процессе вычислений играет отклик Вселенной. При классических расчетах Вселенная, находящаяся в устойчивом состоянии, порождает “правильный” отклик. <...> В квантовых расчетах также можно показать, что явление, асимметричное во времени, например, спонтанный переход электрона в атоме на более низкий уровень, вызывается откликом Вселенной. В противоположность этому квантование максвелловского электромагнитного поля приписывает эти асимметрии так называемому вакууму и правилам квантования. Поэтому подход, основанный на прямом взаимодействии частиц, позволяет получить для электродинамики тот результат, который Мах пытался получить для инерции. Введя отклик Вселенной в локальный электродинамический эксперимент, мы, по существу, включили принцип Маха в электродинамическую теорию»* [32. С. 513].

3.5. Дискуссии по поводу принципа Маха в геометрической парадигме

Дж. Уилер (1901–2008), пытаясь реализовать принцип Маха в рамках геометрической (эйнштейновской) парадигмы писал: *«Принцип Маха, а также идея Римана о том, что геометрия пространства соответствует физике и играет в ней существенную роль, это два глубоких русла мысли, которые Эйнштейн объединил с помощью своего мощного принципа эквивалентности, получив в результате геометрическое описание тяготения и движения. В ходе своих исследований Эйнштейн принял, что гравитация сама яв-*

ляется тем взаимодействием, благодаря которому (согласно Маху) один объект влияет на инертные свойства другого» [44. С. 468–469].

В своей статье «Принцип Маха как граничное условие для уравнений Эйнштейна» Уилер с целью так или иначе согласовать принцип Маха с общей теорией относительности сформулировал и проанализировал ряд возможных формулировок этого принципа.

Первая формулировка гласила: *«Инертные свойства объекта определяются распределением массы-энергии во всем пространстве»*.

Однако Уилер отверг эту формулировку, поскольку ее можно трактовать *«как требование пересмотра теории относительности Эйнштейна»*.

Вторая формулировка выглядела следующим образом: *«Геометрия пространства-времени, а вместе с ней и инертные свойства любой бесконечно малой пробной частицы определяются распределением энергии и потоком энергии сразу во всем пространстве»*.

Уилер выдвинул 7 возражений, свидетельствующих о том, что принятие этой формулировки опять будет диктовать пересмотр общей теории относительности, то есть будет на руку тем, кто сомневается, кто задается вопросом: *«Стоит ли нарушать логическую красоту теории относительности, примешивая к ней такую неопределенную и математически неоформленную вещь, как принцип Маха? К чему все эти попытки выразить на точном языке XX века обтрепанную идею XIX столетия, которую пора выбросить раз и навсегда»* [44. С. 472].

Третья возможная формулировка принципа Маха была следующей: *«Принцип Маха указывает граничные условия, позволяющие отсортировать допустимые решения уравнений Эйнштейна от физически неприемлемых решений»*.

Уилер подробно проанализировал, насколько достигается в этом случае соответствие с эйнштейновской общей теорией относительности и указал ряд ее недостатков.

Наконец, была сформулирована четвертая версия принципа Маха: *«Прошлая, настоящая и будущая геометрия пространства-времени и, следовательно, инертные свойства каждой бесконечно малой пробной частицы определяются заданием достаточно регулярной замкнутой трехмерной геометрии в два непосредственно следующие друг за*

другом момента времени, а также плотности и потока массы-энергии».

В итоге ее обсуждения Уилер пришел к выводу, что хотя еще не решен ряд вопросов *«по-видимому, все же можно принять в качестве рабочей гипотезы четвертую формулировку принципа Маха»*: *«В этом смысле принцип Маха предлагается рассматривать как граничные условия для уравнений поля Эйнштейна – существенную часть плана построения общей теории относительности. Самое короткое математическое выражение принципа Маха в данной формулировке дается «сжатым вариационным принципом для случая двух гиперповерхностей». Как мы видели, в этой формулировке подразумевается требование замкнутости модели Вселенной»* [44. С. 529].

Различные трактовки принципа Маха (в эйнштейновском их понимании, т. е. в связи с обоснованием инерции) обсуждались многими видными представителями мирового физического сообщества в течение всего XX века. При этом, как правило, это делалось в согласии с первыми двумя формулировками, данными Уилером, т. е. в духе пересмотра принципов ОТО. Приведем некоторые из высказываемых при этом точек зрения.

Так, Мартин Гарднер (1914–2010) писал, что Эйнштейн вынужден был отказаться от принципа Маха, потому что относительность в ОТО не доведена до предела: *«Точка зрения, предполагающая существование пространственно-временной метрики даже в отсутствии звезд, в действительности очень близка к старой теории эфира. Вместо неподвижного, невидимого студня, именуемого эфиром, предполагается неподвижная, невидимая структура пространства-времени. Если принять это предположение, то ускорение и вращение приобретают подозрительно абсолютный характер. Однако если явления инерции относительны по отношению к структуре, созданной звездами, то относительность выступает в своем наиболее чистом виде»* [45. С. 61].

Далее Гарднер отмечал, что все старые доводы восемнадцатого и девятнадцатого веков о существовании «пространства» или «эфира» независимо от вещества высказываются и сейчас, но теперь спорят о пространственно-временной структуре («метрическом поле») космоса.

Заметим, что Эйнштейн признавал, что общая теория относительности в его трактовке в некотором смысле возрождает понятие эфира. Так в своей статье «Эфир и теория отно-

сительности» (1920 г.) он писал: *«Резюмируя можно сказать, что общая теория относительности наделяет пространство физическими свойствами; таким образом, в этом смысле эфир существует. Согласно общей теории относительности, пространство немислимо без эфира; действительно в таком пространстве не только было бы невозможно распространение света, но не могли бы существовать масштабы и часы и не было бы никаких пространственных расстояний в физическом смысле слова. Однако этот эфир нельзя представить себе состоящим из прослеживаемых во времени частей; таким свойством обладает только весомая материя; точно так же к нему нельзя применять понятие движения»* [46. С. 689].

С. Вейнберг (р. в 1933 г.) в своей книге «Гравитация и космология» также затрагивает вопрос о проявлениях принципа Маха и высказывает мысль, что масса может зависеть *«не только от существования фиксированных звезд, но также, очень слабо, и от распределения материи в непосредственной близости от частиц»* [47. С. 31].

П. Дэвис обсуждал принцип Маха в трактовке Вселенной как источнике понятия инерции и ставил вопрос о возможности экспериментального подтверждения этого принципа в окрестности Земли. Для этой цели он предлагал использовать опыты с гироскопом на околоземной орбите [33].

3.6. Принцип Маха в последовательной реляционной парадигме

К пятому этапу развития идей принципа Маха отнесем переформулировку теории прямого межчастичного взаимодействия, осуществленную в наших работах в рамках последовательной (унарной) реляционной парадигмы. Развитие этого направления было связано с осознанием того факта, что концепцию дальнего действия, как и сам принцип Маха, следует рассматривать в комплексе с реляционной трактовкой природы классического пространства-времени и концепцией дальнего действия. Полученные на этом пути результаты подробно изложены в наших публикациях [3, 4, 48].

Наконец, к шестому этапу развития идей принципа Маха относится построение реляционно-статистической теории, основанной на реализации в рамках реляционной парадигмы идеи о статистической (макроскопической) природе классического пространства-времени и других понятий со-

временной физики. Эти идеи высказывались неоднократно в разные годы второй половины XX века, в частности, Ван Данцигом [16], П.К. Рашевским [49], Е. Циммерманом [50], Р. Пенроузом [51] и рядом других авторов.

Так, П.К. Рашевский в своей книге «Риманова геометрия и тензорный анализ» писал: «Возможно, что и сам четырехмерный пространственно-временной континуум с его геометрическими свойствами окажется, в конечном счете, образованием, имеющим статистический характер и возникающим на основе большого числа простейших физических взаимодействий элементарных частиц. Но, конечно, подходы к этому вопросу должны носить совсем иной характер, поскольку они должны базироваться на квантовой механике – теории совершенно иного стиля, чем теория относительности» [49. С. 658].

Рашевский, как и другие авторы, не указал конкретную физическую природу факторов, формирующих понятия 4-мерного пространства-времени, что оказалось возможно сделать лишь в рамках последовательного реляционного подхода.

Вместо заключения (Современное состояние и перспективы реляционного подхода)

Следует с сожалением отметить, что названные здесь идеи не заняли достойного места в мировых исследованиях в области теоретической физики XX века. Доминирующей оставалась теоретико-полевая парадигма, опирающаяся на концепцию близкодействия. Это было обусловлено рядом существенных факторов, которые в настоящее время удаётся устранить.

1. Самым существенным фактором, препятствовавшим развитию реляционного подхода к физической реальности, явилось отсутствие должного математического аппарата, позволявшего воплотить высказанные идеи в конкретную физическую теорию. Современная наука (физика и математика) достаточно преуспела в построении возможных (непрерывных) математических моделей пространства-времени. На их основе развит мощный аппарат дифференциальной геометрии, положенный в основу общей теории относительности и многочисленных ее обобщений. И всё это находится в арсенале сторонников субстанциальной концепции пространства-времени. А что могут этому противопоставить сто-

ронники реляционного подхода к природе пространства-времени? До самого последнего времени не так уж и много, — главным образом, рассуждения философского характера, кое-какие математические фрагменты и далеко не всеми признаваемую теорию прямого межчастичного взаимодействия (action at a distance) (см. [16]).

И только в конце 60-х годов в Новосибирске в работах Ю.И. Кулакова (1927–2019) [52, 53] и его учеников Г.Г. Михайличенко [54] и В.Х. Льва [55] была разработана своеобразная теория, названная ими *теорией физических структур*. Ее появление не было связано ни с теорией прямого межчастичного взаимодействия, ни с противопоставлением субстанциальной и реляционной концепций пространства-времени. Возникла она из совсем иных соображений. Однако в рамках теории физических структур были заложены основы своеобразного математического аппарата — универсальной алгебраической теории систем отношений между элементами (объектами) произвольной природы. Эта теория строилась на одном или на двух множествах элементов. Между элементами предполагалось наличие парных (вещественных) отношений, подчиняющихся некому алгебраическому закону, и далее на основе соображений о выполнимости закона для любой выборки из r элементов развивалась содержательная алгебраическая теория систем возможных отношений (физических структур).

В работах новосибирской группы было показано, что, например, 3-мерную евклидову геометрию можно трактовать как частный случай физических структур на одном множестве элементов с вещественными отношениями. Оказалось, что аналогичным образом можно трактовать и другие известные (и недостаточно известные) виды геометрий с симметриями, в том числе геометрии Лобачевского, Римана (с постоянной положительной кривизной) и т. д.

Ключевым понятием теории систем отношений является алгебраический закон, который, как правило, записывается в виде равенства нулю определителя (Кэли–Менгера или Грама), элементами которого являются парные отношения между фиксированным числом элементов (рангом r системы отношений). Из миноров определителя в законе выводятся все необходимые геометрические понятия: координаты, углы, площади, объемы и т. д. Таким образом, *была представлена строгая математическая обработка первой со-*

ставляющей реляционного подхода – реляционной трактовки классического пространства-времени.

2. Второй главной причиной неудач реляционного подхода явился тот факт, что его сторонники, развивавшие теории прямого межчастичного взаимодействия, мыслили их на фоне априорно заданного классического пространства-времени. Это приводило к недостаточной обоснованности концепции дальнего действия. Однако если бы все начиналось с принятия реляционной природы классического пространства-времени, то концепция дальнего действия выглядела бы неизбежной. Но тогда бы дискуссия переместилась на выбор между реляционной и субстанциальной природой пространства-времени.

При построении теории прямого межчастичного электромагнитного (главным образом) взаимодействия использовался принцип Фоккера, где в выражении действия под знаком интегралов записывались скалярные произведения двух токов взаимодействующих частиц и дираковская дельта-функция. В последовательном реляционном подходе это предлагается интерпретировать как произведение двух видов парных отношений: ток-токового (скалярное произведение токов) и пространственно-временного (дельта-функция).

Далее предлагается учесть, что для каждого из этих двух видов отношений имеется свой алгебраический закон, в частности, для ток-токовых отношений он записывается в виде равного нулю определителя Грама для пяти взаимодействующих частиц. В рамках реляционного подхода естественно ожидать проявление некоего физического смысла от миноров в определителе закона. Анализ показал, что простейший диагональный 2×2 -минор соответствует выражению для обобщения принципа Фоккера на случай прямого (линеаризованного) гравитационного взаимодействия, ранее записанного в работах Я.И. Грановского и А.А. Пантюшина [34], К.А. Пирагаса [35] и других авторов. Этот факт и ряд других соображений позволил сделать вывод, что в рамках реляционного подхода *гравитацию можно понимать как вторичный вид взаимодействий, производный от электромагнетизма.* Было также показано, что другие миноры второго порядка описывают гравитационное влияние третьих частиц на электромагнитные взаимодействия пар частиц. Миноры более высокого порядка описывают нелинейные гравитационные эффекты.

Исходя из этого, можно сожалеть, что А. Эйнштейн в свое время отрекся от реляционных идей Маха. Следующие

из общей теории относительности выводы можно получить и в рамках реляционной теории.

3. Третьим фактором, препятствовавшим признанию реляционной парадигмы, явилось успешное развитие квантовой механики и квантовой теории поля, самым существенным образом опирающихся на концепцию близкодействия.

В связи с этим следует подчеркнуть, что предыдущие два фактора касались, главным образом, геометрии и классической физики. Имелись в виду применения теории унарных систем вещественных отношений (на одном множестве элементов), однако в группе Кулакова – Михайличенко были заложены основы математического аппарата теории бинарных систем отношений (на двух множествах элементов). Поскольку бинарные системы отношений строятся по тем же правилам, что и унарные системы, которые представляют общепринятые геометрии, то *открытие бинарных систем отношений естественно считать открытием нового вида геометрий – бинарных*, мало кому ныне известных. При этом было показано отсутствие содержательных теорий на трех множествах элементов. Сразу же встал вопрос о проявлениях бинарных геометрий в физической реальности.

Ответить на данный вопрос помогло то, что из бинарных систем отношений путем своеобразной склейки элементов двух множеств в одно новое можно перейти к унарным системам, т. е. оказалось, что *используемая в физике геометрия классического пространства-времени является вторичной, производной от более элементарных бинарных геометрий*.

Проведенный анализ показал, что бинарные геометрии могут быть использованы для описания закономерностей физики микромира, в частности, квантовой теории. Для этого нужно было, во-первых, обобщить результаты Кулакова – Михайличенко на случай комплексных парных отношений, во-вторых, физически интерпретировать два множества элементов как возможные начальные и конечные состояния микросистем и, в-третьих, положить, что комплексные парные отношения между элементами двух множеств являются прообразом амплитуды вероятности перехода квантовых систем между двумя состояниями.

Простейший (невырожденный) вариант бинарных систем комплексных отношений ранга (3,3) показал, что *элементы этой системы описываются 2-компонентными спинорами*, что вполне соответствует свойствам основных наблюдаемых

элементарных частиц. Переход от этой бинарной системы комплексных отношений к унарной системе приводит к 4-мерной унарной геометрии с сигнатурой (+ - - -). Таким образом, *реляционная теория на базе бинарных систем комплексных отношений ранга (3,3) позволяет обосновать размерность и сигнатуру классического пространства-времени* – того вопроса, над решением которого размышляли Э. Мах, А. Эйнштейн, А. Эддингтон и другие классики фундаментальной физики.

На основе этой теории удастся обосновать ряд важных свойств квантовой теории и физики элементарных частиц.

4. Как уже отмечалось, Эйнштейн полагал, что принцип Маха определяет свойства инерции и значения масс частиц. Именно в этом русле пытались реализовать принцип Маха А.Э. Эддингтон [56], П.А.М. Дирак [57], Ф. Хойл, Г.В. Рязанов [37] и другие авторы, однако предлагаемые ими формулы имели гипотетический (недостаточно обоснованный) характер. Последовательный реляционный подход к физической реальности на базе теории систем отношений позволяет обосновать высказанные этими авторами соображения интуитивного характера. Особо важным для этого оказался вывод о вторичном характере гравитационных взаимодействий. При получении этого результата оказалось необходимым положить, что *масса простейших элементарных частиц пропорционально квадрату их электрического заряда*. При этом в качестве коэффициента выступают глобальные характеристики Вселенной, такие как число Эддингтона (фактически полная масса Вселенной) и наблюдаемый радиус Вселенной.

5. Наконец, главным препятствием принятия реляционной парадигмы явились укоренившиеся в нашем сознании способы и привычка мыслить в рамках понятий классической физики и геометрии.

В ряде наших публикаций (см. [3, 4, 48]) названные выше факторы и ряд других результатов изложены более подробно.

Литература

1. *Мах Э.* Механика. Историко-критический очерк ее развития. – Ижевск: Ижевская республиканская типография. 2000. – 456 с.
2. *Владимиров Ю.С.* Мегафизика. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 568 с.
3. *Владимиров Ю.С.* Реляционная концепция Лейбница – Маха. – М.: ЛЕНАНД, 2017. 232 с.

4. *Владимиров Ю.С.* Реляционная картина мира. – М.: ЛЕНАНД, 2020.– 224 с.
5. *Лейбниц Г.В.* Письма к Кларку // Лейбниц. Сочинения в четырех томах. Т. 1. – М.: Мысль, 1982. С. 430–528.
6. *Фишер К.* Лейбниц, его жизнь, сочинения и учение. – СПб: Издание Д.Е. Жуковского, 1905.– 736 с.
7. *Гайденко П.П.* История новоевропейской философии в ее связи с наукой. – М.: Изд-во «Университетская книга», 2000. 456 с.
8. *Юм Д.* Сочинения в двух томах. Том 2. – М.: Мысль, 1996. 927 с.
9. *Булюбаиш Б.В.* Электродинамика дальнего действия // Сб. Физика XIX–XX вв. в общенаучном и социокультурном аспектах (Физика XIX в.). – М.: Наука, 1995. С. 221–250.
10. *Мах Э.* Познание и заблуждение. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2003. 456 с.
11. *Эйнштейн А.* Относительность и проблема пространства // Собр. научн. трудов. Т.2. – М.: Наука, 1966. С. 749.
12. *Пуанкаре А.* О науке. – М.: Наука, 1983. 560 с.
13. *Минковский Г.* Пространство и время // Сб. «Принцип относительности». – М.: Атомиздат, 1973. С.167–180.
14. *Ленин В.И.* Материализм и эмпириокритицизм. – М.: Политиздат, 1979. 384 с.
15. Философия естествознания. – М.: Изд-во полит. лит-ры, 1966. 414 с.
16. *Van Dantzig D.* On the relation between geometry and physics and concept of space-time // Funfzig Jahre Relativitatstheory. Konferenz Bern, Basel. 1955, Bd. 1. S. 569.
17. *Дикке Р.* Многоликий Мах // Сб. Гравитация и теория относительности. – М.: Мир, 1962. С. 221–250.
18. *Грин Б.* Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М.: Едиториал УРСС, 2004. 288 с.
19. *Ровелли Карло.* Нереальная реальность. Путешествие по квантовой петле. – СПб.: Питер, 2020. 304 с.
20. *Владимиров Ю.С., Турыгин А.Ю.* Теория прямого межчастичного взаимодействия. – М.: Энергоатомиздат, 1986. 136 с.
21. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии // В Собр. соч. акад. А.Н. Кримова. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1936. 688 с.
22. *Максвелл Дж.К.* Трактат об электричестве и магнетизме. Последний раздел из главы XXIII «Теория действия на расстоянии». Том II / Пер. З.А. Цейтлин. – М.: Наука, 1989. С. 378–380.
23. *Хвольсон О.Д.* Физика и ее значение для человечества. – Берлин: Гос. изд-во РСФСР, 1923. 676 с.

25. Природа электрического тока. (Беседы-диспут в Ленинградском политехническом институте). – М.–Л.: Изд-во Всесоюзного электротехнического общества. 1930. 150 с.
26. Сонин А.С. Советские физико-философские дискуссии начала 30-х годов // Сб. Исследования по истории физики и механики. 2006. – М.: Наука, 2007. С. 264–290.
27. Френкель Я.И. Принцип причинности и полевая теория материи // Сб. Вопросы теоретической физики. – Спб.: ПИЯФ, 1994. С. 132–154.
28. Wheeler J.A., Feynman R.P. Interaction with absorber as the mechanism of radiation // Rev. Mod. Phys., 1945. Vol. 17. P. 157–181.
29. Фейнман Р. Пространственно-временной подход к нерелятивистской квантовой механике // Сб. Вопросы причинности в квантовой механике. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1955. С. 167–207.
30. Фейнман Р. Нобелевская лекция «Разработка квантовой электродинамики в пространственно-временном аспекте» // Сб. Характер физических законов. – М.: Мир, 1968. С. 193–231.
31. Hoyle F., Narlikar J.V. Action at a distance in physics and cosmology. – San Francisco: W.N. Freeman and Comp., 1974.
32. Нарликар Дж.В. Инерция и космология в теории относительности Эйнштейна // Сб. «Астрофизика, кванты и теория относительности». – М.: Мир, 1982. С. 498–534.
33. Davies P.C.W. A quantum theory of Wheeler-Feynman electrodynamics // Proc. Cambridge Philos. Soc., 1970. Vol. 68. P. 751–764.
34. Грановский Я.И., Пантюшин А.А. К релятивистской теории тяготения // Изв. АН Каз.ССР, сер. физ.-мат., 1965, №2. С. 65–69.
35. Пирагас К.А., Жданов В.И., Александров А.Н., Пирагас Л.Е. Качественные и аналитические методы в релятивистской динамике. – М.: Энергоатомиздат, 1995. 448 с.
36. Рязанов Г.В. Путь к новым смыслам. – М.: Гнозис, 1993. 368 с.
37. Рязанов Г.В. Неожиданные следствия из дальнего действия в электродинамике // Сб. тезисов 1-й Ионовской школы-семинара по основаниям теории физического пространства-времени. М.: Изд-во физич. Фак-та МГУ имени М.В. Ломоносова, 1955. С. 39–41.
38. Эйнштейн А. Принципиальное содержание общей теории относительности // Собр. научн. трудов. Т. 1. – М.: Наука, 1965. С. 613–615.
39. Лейбниц Г.В. Монадология // Лейбниц. Сочинения в четырех томах. Т. 1. – М.: Мысль, 1982. С. 413–429.
40. Хёнль Г. К истории принципа Маха // Эйнштейновский сборник-1968. – М.: Наука, 1968. С. 258–285.

41. *Эйнштейн А.* Существует ли гравитационное воздействие, аналогичное электромагнитной индукции? // Собр. научн. трудов. Т. 1. – М.: Наука, 1965. С. 223–226.
42. *Эйнштейн А.* Автобиографические заметки // Собр. научн. трудов. Т. 4. – М.: Наука, 1967. С. 259–294.
43. *Фейнман Р.Ф., Моринго Ф.Б., Вагнер У.Г.* Фейнмановские лекции по гравитации. – М.: Янус-К, 2000. 296 с.
44. *Уилер Дж.* Принцип Маха и граничные условия для уравнений Эйнштейна // Сб. Гравитация и относительность. – М.: Мир, 1965. С. 468–536.
45. *Гарднер М.* Теория относительности для миллионов. – М.: Атомиздат, 1969; 5-е изд. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ»/URSS, 2010. 190 с.
46. *Эйнштейн А.* Эфир и теория относительности // Собр. научн. трудов. Т. 1. – М.: Наука, 1965. С. 682–689.
47. *Вейнберг С.* Гравитация и космология. – М.: Мир, 1975. 696 с.
48. *Владимиров Ю.С.* Принцип Маха и метрика пространства-времени // Метафизика, 2020. №2 (36). С. 6–25.
49. *Рашевский П.К.* Риманова геометрия и тензорный анализ. М.: Наука, 1967. 664 с.
50. *Zimmerman E.J.* The macroscopic nature of space-time // Amer. J. Phys., 1962. Vol. 30. P. 97–105.
51. *Пенроуз Р.* Путь к реальности или законы, управляющие Вселенной. – М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. 912 с.
52. *Ю.И. Кулаков* (С дополнением *Г.Г. Михайличенко*). Элементы теории физических структур. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. ун-та, 1968. 226 с.
53. *Кулаков Ю.И.* Теория физических структур. – М.: ООО «Компания Юниверс Контракт», 2004. – 847 с.
54. *Михайличенко Г.Г.* Математические основы и результаты теории физических структур. – Горно-Алтайск: РИО Горно-Алтайского госуниверситета, 2012. 296 с.
55. *Лев В.Х.* Бинарная физическая структура ранга (3,3) // Вычислительные системы, 1984. № 101. – Новосибирск: Изд-во Института математики Сиб. АН СССР, 1984. С. 91–113.
56. *Эддингтон А.С.* Теория относительности. – Л.–М.: ОНТИ, Гос. тех.-теорет. Изд-во, 1934. – 508 с.; 3-е изд. – М.: КомКнига/URSS, 2007. 504 с.
57. *Дирак П.А.М.* Лекция. Космология и гравитационная постоянная // *П.А.М. Дирак.* Воспоминания о необычной эпохе. – М.: Наука, 1990. С. 178–188.

Евгений Беркович

Главный редактор журнала «Семь искусств»

**«НАШИ В ЕВРОПЕ»
СОВЕТСКИЕ ФИЗИКИ
И «РЕВОЛЮЦИЯ ВУНДЕРКИНДОВ»**

Ландау и Румер

На коллоквиуме по теоретической физике в Берлине в 1929 году Пауль Эренфест познакомил недавно приехавшего из Ленинграда юного Льва Ландау с другим гостем из СССР – Юрием Румером. С новым знакомым, ставшим впоследствии добрым другом, Лев поделился своей печалью: *«Подобно тому, как все хорошие девушки уже разобраны и замужем, так и все хорошие задачи уже решены. И вряд ли я найду что-нибудь среди оставшихся»* [Румер, 2013. С. 381].

С тезисом о «хороших девушках» можно спорить, а вот в отношении «хороших задач», если под ними понимать проблемы, определяющие революцию в науке, юный Ландау был, по сути, прав – так называемая «революция вундеркиндов»¹⁾ 1925–1927 годов, в результате которой была создана квантовая механика, совсем недавно прошла без его заметного участия. Правда, одну «хорошую задачу» он все же успел решить: в 1930 году исследовал «квантование движения электрона в постоянном магнитном поле», и «диамагнетизм Ландау» наряду с «парамагнетизмом Паули» стал классикой нерелятивистской квантовой механики.

* * *

По сравнению с недавно вырвавшимся за границу Львом Ландау Юрий Борисович Румер мог считаться старожилом Европы – впервые он попал в Германию в 1926 году. К это-

¹⁾ О «революции вундеркиндов» см. серию моих статей в «Науке и жизни» под общим названием «эпизоды “революции вундеркиндов”» в №№ 9–12 за 2018 год и в №№ 1–9 за 2019 год, удостоенную Беляевской премии как лучшая серия научно-популярных статей года. Эти тексты вошли в книгу [Беркович, 2021].

му времени он уже окончил Московский университет, получив хорошее математическое образование. Румер был дружен со многими членами знаменитой Лузитании, группы математиков, сплотившейся вокруг Николая Николаевича Лузина. В дальнейшем они образуют костяк Московской математической школы. Их имена говорят сами за себя: А.Н. Колмогоров, П.С. Александров, Л.Г. Шнирельман, П.С. Новиков, Л.А. Люстерник, И.Г. Петровский, М.А. Лаврентьев, А.А. Ляпунов... Со многими из них Румер был близко знаком. Хорошей математической подготовкой Юрий Борисович выгодно отличался от многих коллег-физиков.

Отец Юрия – Борис Ефимович Румер – до революции торговал льном. Этим же он продолжал заниматься и при советской власти в Наркомате промышленности и торговли, экспорт льна был важным источником валютных поступлений в страну. Борис Ефимович смог выхлопотать для сына двухгодичную командировку в Высшую политехническую школу в Ольденбурге. Два года провел Юрий в этом городе и, получив диплом преподавателя, отправился в 1929 году в Гёттинген, куда стремились молодые физики со всего света.

Румер прибыл в этот университетский городок не с пустыми руками – им была написана статья по так называемой «шестимерной теории относительности» – попытка построить единую теорию поля, чем в те годы занимался Альберт Эйнштейн. Эта работа заинтересовала Макса Борна, который рекомендовал ее к публикации в Известиях Гёттингенской академии наук. Вот что Борн писал Эйнштейну 12 августа 1929 года:

«Некоторое время назад здесь всплыл молодой русский с шестимерной теорией относительности в багаже. Поскольку я даже к различным 5-мерным теориям отношусь с опасением и без больших надежд, что этим путём можно достичь красивых результатов, то я был настроен очень скептически. Но молодой человек говорил разумно и вскоре убедил меня, что в его идее что-то есть. Несмотря на то, что в этих вещах я понимаю меньше эпсилон, я представил эту работу Гёттингенской Академии наук и посылаю тебе оттиск со срочной просьбой прочитать и высказать своё мнение. Этот человек, по имени Румер, уехал из России, поскольку с относительщиками там плохо обходятся (серьезно!). Считается, что теория относительности противоречит официальной материалистической филосо-

фии, и её приверженцы подвергаются гонениям. Иоффе мне об этом ещё раньше рассказывал» [Румер, 2013. С. 76].

Борн просил Эйнштейна, если работа произведет на него впечатление, взять его к себе ассистентом, но из этой затеи ничего не вышло. Зато предприимчивый молодой человек из России смог получить стипендию от гамбургского мецената барона Варбурга, чтобы стать на какое-то время ассистентом Борна. Вот как это описывает сам Румер:

«Я еще не был в таких отношениях с Борном, чтобы просить его написать Варбургу просьбу выдать мне немного из этих денег. А в это время у нас гостила наша общая приятельница, моя и моей жены, Рената Мюнкеберг. Ее дедушка был бургомистром Гамбурга, и главная улица в Гамбурге до сих пор носит его имя. Само это имя говорило, что она из лучшего гамбургского общества, и она на одном из приемов обратилась к барону Варбургу с просьбой: – Скажите, барон, Вы не могли бы в мою пользу выдать немного денег? У меня есть очень способный протеже. – Когда она сказала «очень способный», барон вздрогнул... – Мне даже неудобно Вас просить о такой сумме, но мне нужно, чтобы Вы дали ее. Тогда он ее спросил: – Сколько стоит Ваш протеже? – и когда она ответила: – На первое время, вероятно, тысячу марок, – он облегченно вздохнул и сказал: – Это мы сделаем, – и сейчас своим секретарям отдал распоряжение. – А Вас я прошу оказать мне честь сделать лыжную прогулку» [Румер, 2013. С. 28].

Деньги, полученные от Варбурга произвели на Борна сильное впечатление. Действительно, объясняет Румер: *«какой-то иностранец из непонятной страны, не имеющий ни кола ни двора, появившийся у него только что, настолько способен, что он может вступить в переговоры с банкирской конторой Варбурга о стипендии и находить в лице внушки Мюнкеберга посредника. Это Борн описал в письме Эйнштейну»* от 13 ноября 1929 года [Румер, 2013. С. 78]. Затем Эйнштейн и Эренфест добились для Румера Лоренцевой стипендии, так что в ассистентах у Борна Георг (так звали в Германии Юрия Борисовича) оставался до 1932 года.

Говоря о финансовой поддержке Румеру, нужно иметь в виду ужасающее положение экономики Германии, разрушенной Первой мировой войной, людей угнетала послевоенная инфляция и безработица. К 1932 году положение обострило мировой экономический кризис, докатившийся и до Германии. Макс Борн вспоминал:

«Год, в течение которого я был деканом (1932), был одним из самых неудачных во всей моей академической карьере. Кризис, возникший в Европе из-за краха американской финансовой системы, принудил немецкий кабинет, возглавляемый канцлером Брюнингом, к крайним мерам экономии. Благодаря этому университеты должны были сократить свой значительный процент младших ассистентов и других оплачиваемых сотрудников. Многие из членов нашего факультета естествознания сочли это возмутительным. Во-первых, было ужасным выгонять за порог молодых и устремленных к знанию людей, многие из которых уже имели семьи, и тем самым ставить под удар их и без того трудное финансовое положение. Затем это парализовало деятельность института, которая быстро скатывалась к застою. Мы создали Комитет и решили предложить факультету, чтобы оплата большинства тех, кого коснулось сокращение, производилась за счет добровольного сбора – он составлял менее чем 10% нашего жалования. Мне до сих пор страшно вспомнить те битвы, которые это предложение вызвало на факультете» [Einstein–Born, 1969. S. 155].

Чем хуже шли дела в экономике, тем громче звучали голоса тех, кто поддерживал Гитлера. В 1928 году национал-социалистическая рабочая партия Германии (NSDAP) насчитывала примерно сто тысяч членов, и за нее на выборах проголосовало чуть больше восьмисот тысяч избирателей, что составило всего-навсего 2,6% всех голосов. Всего за три года положение радикально изменилось. На выборах в июле 1932 года за NSDAP проголосовали более тринадцати миллионов человек, т. е. 37,3% всех избирателей. В марте 1933 года число голосов за партию Гитлера превысило семнадцать миллионов, что составило 43,9%. Такой динамики роста не знала ни одна партия Германии [Falter, 1991. S. 25].

Георг (Юрий) Румер стал замечать, как на городском пейзаже отражалось проникновение нацизма. Он вспоминал: *«Примерно в 1931 году я обнаружил странное явление. Те люди, с которыми мне приходилось вступать в какие-то взаимоотношения из малого Гёттингена, т. е. лавочники, прачечники, хозяйки пансионатов и т. д., стали вдруг все больше и больше увлекаться идеями Гитлера» [Румер, 2013. С. 49].* В петлицах многих горожан появились свастики: у продавцов, почтальонов, почтовых чиновников, хотя им-то как государственным служащим запрещалось надевать партийные значки. Однажды Румер ехал по улице на машине и

видит, «стоит карапуз, который пристально на меня смотрит, делает движение к машине, потом скидывает руку в гордом фашистском приветствии. Мальчик никаких других приветствий не знал?» [Там же. С. 42].

Особенно действовала нацистская пропаганда на студенчество. Гёттинген становился настоящим бастионом национал-социализма. Местная ячейка нацистов была создана в городе в 1922 году, и уже через год боевой отряд штурмовиков в форме СА насчитывал двести бойцов [Kühn, 1983. S. 13–46]. На выборах в Рейхстаг нацисты получали в процентном отношении всегда больше голосов, чем в целом по стране. Так в 1930 году они набрали только 18,3% голосов немецких избирателей, но в Гёттингене за них голосовало 38%. Во время самой большой удачи нацистов на выборах – в июле 1932 года – они набрали 37,3% голосов по всей Германии, а среди избирателей Гёттингена национал-социалисты добились абсолютного большинства [Hasselhorn, et al., 1983. S. 47].

Вот так причудливо переплелись в те годы свобода и дружеские отношения среди ученых и нарождающаяся диктатура и нацизм в остальном немецком обществе.

Эти обстоятельства, а также заканчивающийся в 1932 году срок Лоренцевской стипендии подтолкнуло Румера к возврату на родину. Гёттингенский период оказался плодотворным. Правда, статьи по шестимерной теории относительности не содержали каких-либо значительных результатов и были отвергнуты Эйнштейном, зато применение квантовой теории в химии оказалось весьма продуктивным. Юрий Борисович совместными работами с другими ассистентами Борна – Вальтером Гайтлером и Эдвардом Теллером, а также с математиком Германом Вейлем – вошел в число создателей квантовой химии [Rumer et al., 1930], [Rumer et al., 1932].

В Москву Ю.Б. Румер вернулся с рекомендациями Эйнштейна, Борна, Эренфеста и Шрёдингера. С их помощью или без неё, но он стал профессором Московского университета и продолжил работы по квантовой химии. В 1937 году началось плодотворное сотрудничество Румера и Ландау, прерванное их арестами в 1938 году. А дружба между ними, возникшая с момента знакомства в 1929 году, не прерывалась никогда.

Полтора года, проведенные за границей в 1929–1931 годах, оказались для Льва Давидовича Ландау прекрасной школой, позволившей ему буквально ворваться в когорту ведущих физиков-теоретиков современности. Правда, свое место он оценивал скромно: выше себя ставил не только Эйнштейна, которого считал величайшим физиком со времен Ньютона, но и другие создатели новой физики микромира – Нильс Бор, Вернер Гейзенберг, Эрвин Шрёдингер, Поль Дирак – стояли выше Ландау в придуманной им иерархии ученых «по достижениям». Даже Луи де Бройль, который впервые заговорил о волнах материи, но впоследствии мало что добавил к этому, стоял в иерархии Ландау выше его самого [Гинзбург, 1997. С. 298].

Во время своего полуторагодичного пребывания в Европе Ландау встречался и работал вместе с большинством этих корифеев. Полгода пребывания Ландау за границей финансировал Народный комиссариат просвещения (Наркомпрос), а деньги на следующий год по рекомендации Нильса Бора дал благотворительный Рокфеллеровский фонд. Себя Ландау потом всю жизнь считал учеником Бора. Очень сильное впечатление произвела на юного советского физика встреча с Вольфгангом Паули, которого Макс Борн ставил по таланту не ниже Эйнштейна. Паули называли «совестью физики», от его острого языка досталось, кажется, всем его коллегам. Когда кто-то упрекал академика Ландау за то, что он резко разговаривает с участниками его семинара в Москве, Лев Давидович отвечал: «вы не слышали Паули». О совместной с ним работе Лев Ландау написал в некрологе «Вольфганг Паули», вышедшем в «Успехах физических наук» через полгода после его смерти:

«Автору этих строк приходилось неоднократно встречаться с Паули и ощутить на себе обаяние и силу, исходившие от этого замечательного человека» [Ландау, 1959. С. 559].

Сильное влияние Паули на Льва Ландау подтверждает и Юрий Румер:

«Встреча с Паули – одним из титанов современной физики – произвела на Ландау огромное впечатление. Я вспоминаю, что как-то в Москве Ландау пытался вступить с Паули в спор. Но Паули ему сказал: “Ах, нет, Ландау, подумайте сами”. Зрелище весьма непривычное» [Румер, 2013. С. 338].

Надо подчеркнуть, что Ландау приехал в Европу уже сложившимся специалистом, который не только много знал, но и легко схватывал новые идеи, которые тогда посыпались в мир, как из рога изобилия. Юрий Борисович Румер вспоминает рассказы Юрия Круткова, с которым он имел возможность много лет работать в заключении в закрытом КБ Туполева. О Круткове речь пойдет ниже, а пока отметим, что он помнил студента Льва Ландау в Ленинградском университете и уже по вопросам, которые тот задавал на первом курсе, понял, что имеет дело с исключительно одаренным человеком. Румер добавляет:

«И действительно, к двадцати–двадцати одному году это был полностью сложившийся ученый, который, попав в Европу, потрясал всех своими глубокими знаниями существующей физики и необычайной легкостью, с которой он воспринимал новые идеи, которые тогда посыпались в мире» [Румер, 2013. С. 371].

Чтобы подтвердить слова Румера, достаточно указать на работу Ландау «Проблема затухания в волновой механике», поступившую в редакцию журнала «Zeitschrift für Physik» 21 июля 1927 года, в которой впервые было введено ставшее уже классическим понятие «матрицы плотности» [Landau, 1927].

Подобной одаренностью и эрудицией мало кто мог похвастаться среди его современников как в СССР, так и за рубежом. А без этого трудно стать творцом революции в науке. И еще один талант Ландау раскрылся сравнительно рано – талант научного руководителя и главы научной школы. В 1932 году 24-летний ученый приехал в столицу Советской Украины Харьков в недавно созданный Харьковский физико-технический институт, где руководил теоретическим отделом. Кроме того, он заведовал кафедрой теоретической физики на физико-механическом факультете Механико-машиностроительного института и с 1935 года – кафедрой общей физики в Харьковском государственном университете. В эти годы выходят в свет важные работы Ландау: по теории фазовых переходов второго рода, теории промежуточного состояния в сверхпроводимости и ряд других, – сделавшие Харьков в те годы центром теоретической физики в СССР. Там устраивались конференции, на которые приезжали зарубежные ученые. По своим масштабам выделяется Вторая Всесоюзная конференция по теоретической физике, проходившая

в Харькове 18–22 мая 1934 года. Председателем на конференции был 26-летний Лев Ландау. По сути, конференция была не Всесоюзная, а Международная: в столицу Советской Украины приехали важные гости из Германии, Англии, Франции, Дании, Бельгии и Швеции. Среди почетных гостей были Нильс Бор, Джон Уилер и Виктор Вайскопф. В конференции принимали участие и ведущие советские физики: Михаил Леонтович, Владимир Фок, Яков Френкель и др.

Лев Давидович, несмотря на молодость (и задиристый характер), считался по праву главой сильной харьковской школы теоретической физики. Он взял на работу Исаака Яковлевича Померанчука, Евгения Михайловича Лифшица, Александра Ильича Ахиезера, Вениамина Григорьевича Левича и других молодых ученых, почти своих ровесников, потом ставших ведущими физиками-теоретиками Советского Союза. И хотя он был всего на год-два старше своих учеников и общались они на «ты», Ландау был строгим учителем, который, по словам Румера, *«уже тогда был крупнее всех советских физиков вместе взятых. Но никто из них не отдавал себе в этом отчета»* [Румер, 2013. С. 373].

Научный ландшафт Европы первой трети XX века

В начале XX века основные открытия в физике происходили в Европе. В Америке и Азии начинали работать талантливые физики-теоретики, но за знаниями ездили, как правило, в Старый Свет. Показательно, что в первые девять лет присуждения нобелевских премий по физике (1901–1909) ее получили 13 ученых – 12 из Европы, один из США. Во вторые десять лет (1910–1919) нобелевскими лауреатами стали 10 физиков – все из Европы. И в третью декаду (1920–1929) американцы взяли всего две премии из 12. Таким образом, в первые 30 лет XX века из 35 нобелевских премий по физике только три достались ученым из Америки, а 32 премии остались в Европе.

Среди стран по числу нобелевских лауреатов по физике в период до 1930 года лидирует Германия – 10 нобелевских премий. Далее идет Великобритания – 7 премий, затем Франция – 6. Маленькая Голландия получила в эти годы 4 премии по физике, Швеция – 2. И по одной премии досталось Швейцарии, Дании и Италии.

Языком науки в те годы был немецкий. Журналы «Zeitschrift für Physik» и «Annalen der Physik» являлись факти-

чески международными, в них публиковались работы ученых разных стран – от США до России. Если брать только «революцию вундеркиндов», то в первом из названных журналов, начиная с сентября 1925 года, были напечатаны работы Гейзенберга, Борна, Йордана, Паули, Вентцеля, Клейна, Лондона, Хунда и многих других физиков-теоретиков, участников этой революции в науке. Во втором журнале начиная с января 1926 года опубликованы основные работы Шрёдингера по волновой механике. Ученые из Великобритании печатались, как правило, в «Трудах Королевского общества» («Proceedings of the Royal Society»). Здесь, в частности, появились основные работы Дирака.

Впрочем, квантовая механика после короткого периода становления в 1925–1927 годах начала развиваться так бурно, что статьи на эту тему стали появляться и в научных журналах других стран. Например, в «Журнале Русского физико-химического общества» опубликована работа Г.А. Гамова, Д.Д. Иваненко, Л.Д. Ландау «Мировые постоянные и предельный переход» [Гамов, и др., 1928]. В этом журнале были и другие статьи о квантовой механике, например, заметка Г.Е. Горовица «Силы лучистого торможения в квантовой механике» [Горовиц, 1928]. Но все же основные публикации советских физиков-теоретиков шли в то время на немецком языке. Отмечу в этой связи статьи И.Е. Тамма [Tamm, 1926], В.А. Фока [Fock, 1926] и [Fock, 1926a], Л.Д. Ландау [Landaу, 1926], Г.А. Гамова и Д.Д. Иваненко [Gamov et al., 1926], Д.Д. Иваненко и Л.Д. Ландау [Iwanenko et al., 1926], [Iwanenko et al., 1927] и [Iwanenko et al., 1928], Л.И. Мандельштама и М.А. Леонтовича [Mandelstam et al., 1928], Я.И. Френкеля [Frenkel, 1928], [Frenkel, 1928a] и [Frenkel, 1928b].

Как видно из этого далеко не полного списка, к концу двадцатых годов XX века в Советском Союзе появилась сильная когорта молодых физиков-теоретиков. Многие из них впоследствии вышли на позиции лидеров теоретической физики, получили выдающиеся результаты, отмечены престижными премиями. Но в рамках нашей работы все они, как и Лев Ландау, «поздно родились». Отметим несколько выдающихся работ, выполненных во времена революции «вундеркиндов».

Владимир Александрович Фок рано взялся за квантовую тематику, его первая статья об уравнении Шрёдингера

[Fock, 1926] вышла всего через несколько месяцев после первой статьи автора волновой механики. Во второй статье, вышедшей в том же 1926 году [Fock, 1926a] Фок обобщил волновое уравнение на релятивистский случай движения заряженной частицы в электромагнитном поле. Но его наиболее существенные результаты получены во время и после его заграничной командировки в Гёттинген и Париж в 1927–1928 годах, когда квантовая механика уже была оформлена как самостоятельная наука. В.А. Фоку принадлежит первая советская книга по этой науке: «Начала квантовой механики» [Фок, 1932].

Игорь Евгеньевич Тамм, ставший нобелевским лауреатом в 1928 году, в отличие от большинства героев этой работы, жил и работал в Москве. Первая работа Тамма, посвященная квантовой механике [Tamm, 1926], тоже выполнена рано – в 1926 году. Но расцвет его научной деятельности приходится на 1930-е годы. Не последнюю роль здесь сыграла его длительная заграничная командировка в Голландию, Германию и Англию в 1928 году, ставшая возможной благодаря стипендии фонда Лоренца, данной ему по рекомендации Пауля Эренфеста, слушавшего доклад Тамма на международной электротехнической конференции в 1924 году [Tamm, 1995. С. 154].

Будущий академик Михаил Александрович Леонтович начинал путь в науку с аспирантуры у Леонида Исааковича Мандельштама, собравшего вокруг себя талантливых молодых физиков А.А. Андропова, А.А. Витта и С.Э. Хайкина. Каждый проложил собственный путь в науке. Исключением оказался Витт, хотя Мандельштам о нем говорил, что ему «*все дается с моцартовской легкостью*» [Рытов, 1996. С. 40]. Но в 1937 году во время сталинского Большого террора Витта арестовали, и он умер в лагере в 1938 году. Мандельштам и его учеников интересовали многие темы теоретической физики – от нелинейных колебаний до флюоресценции и рассеяния света. Первая работа в области квантовой физики из круга сотрудников и учеников Леонида Исааковича появилась в 1928 году: [Mandelstam et al., 1928]. В ней впервые была решена задача о квантово-механическом туннелировании микрочастицы через энергетический барьер, непреодолимый в рамках классической механики. Как пишет Сергей Михайлович Рытов, «*вскоре Г.А. Гамов, опираясь на эту работу (хотя и не сославшись на нее), дал объяснение радиоактивного альфа-распада*» [Рытов, 1996. С. 41].

К этому времени «революция вундеркиндов» была уже в общих чертах завершена. Советским физикам удалось присоединиться лишь к развитию созданной ранее квантовой механики.

* * *

Каждый из молодых теоретиков 1920-х годов в СССР развивался, в основном, самостоятельно, конечно, полезно было общение с коллегами на семинарах и конференциях. Крупных руководителей научных теоретических школ в России того времени, если не считать Л.И. Мандельштама, не было, да и сами научные школы теоретиков, особенно в области физики микромира, по существу, тогда еще не сложились¹⁾. Интересная школа физиков-экспериментаторов образовалась в начале XX века в Москве вокруг Петра Николаевича Лебедева, но с уходом его из Московского императорского университета в 1911 году и скоростной смертью в 1912 она распалась на несколько небольших групп ученых.

В Петрограде-Ленинграде после Октябрьской революции действовали две экспериментальные школы – Абрама Федоровича Иоффе и Дмитрия Сергеевича Рождественского. Любопытный факт: все три упомянутые школы, к продолжателям дела которых могло бы отнести себя подавляющее большинство советских и российских физиков, имеют общий корень – блестящего физика-экспериментатора и талантливого педагога Августа Кундта, который с 1872 по 1888 был профессором физики Страсбургского университета, а затем до конца своей короткой жизни (он умер в 55 лет) преподавал в Берлинском университете. Петр Николаевич Лебедев начал изучать искусство эксперимента в 1887 году в лаборатории Кундта в Страсбурге. Дмитрий Сергеевич Рождественский проходил стажировку в Лейпциге в 1901 году у Отто Винера, который в свою очередь защищал докторскую диссертацию в 1887 году в университете Страсбурга, когда единственным профессором физики там был Август Кундт. И наконец, Абрам Федорович Иоффе с 1902 по 1906 год учился и работал в Мюнхенском университете под руководством Вильгельма Конрада Рентгена, первого Нобелевского лауреата по физике, ученика Августа Кундта.

¹⁾ О научных школах в физике см. содержательную подборку статей в сборнике трудов Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН «Исследования по истории физики и механики. 2014–2015» (М.: Янус-К, 2016) [*ИИФМ*, 2016].

Иоффе и Капица

Сам Абрам Федорович, верный ученик Рентгена, на проблемы «революции вундеркиндов» смотрел со стороны, даже не пытаясь принять участие в их решении, хотя вращался в кругу тех, кто эту революцию творил. За три десятилетия постоянного и длительного пребывания за границей А.Ф. Иоффе стал на Западе своим человеком, прекрасно говорил на нескольких языках, хотя при первой встрече с Рентгеном едва мог изъясняться по-немецки. Профессор Фридрих Хунд рассказал в одном интервью любопытный эпизод, связанный с двумя советскими физиками:

«Однажды на пути из Англии в Россию на Коллоквиуме в Гёттингене выступил с докладом Петр Капица. Он начал доклад – и никто не понял ни слова. Мы даже не были уверены, на каком языке он говорил. А он говорил на немецком, но никто его не понимал. Тогда он начал доклад на английском – опять никто ничего не понял. Тогда с задних рядов раздался голос: “Говорите по-русски, я переведу”. Это был Абрам Федорович Иоффе. Капица начал говорить по-русски, Иоффе переводил, и все всё поняли. Это было до 1933 года» [Schaaf, 2018. S. 25–26].

Абрам Федорович рано узнал и оценил способности юного Петра Капицы, который в 1916 году стал одним из первых одиннадцати участников семинара Иоффе в Политехническом институте. Один из участников семинара Я.Г. Дорфман вспоминал:

«Это был самый замечательный семинар, какой мне вообще довелось видеть, и ни один семинар не дал мне больше, чем этот» [Соминский, 1965. С. 191].

В 1918 году Иоффе решил создать новый факультет Политехнического института – Физико-механический. Для разработки проекта факультета была создана комиссия, куда по рекомендации Абрама Федоровича включили студента Петра Капицу. После многочисленных дебатов факультет был создан, деканом стал Иоффе, а П.Л. Капица вошел в состав президиума.

Отношения между Иоффе и Капицей выходили далеко за рамки схемы «учитель–ученик». В 1918 году случилось страшное несчастье – во время пандемии испанского гриппа, так называемой «испанки», у Петра Леонидовича умерли жена, двухлетний сын, новорожденная дочь и отец. Чтобы

вывести молодого ученого из депрессии, Абрам Федорович добился для Капицы командировки в 1921 году за границу, а затем убедил Резерфорда взять его ассистентом. В письме жене от 13 июля 1921 года Иоффе пишет:

«Был в Cambridge'е у J.J. Thomson'a и E. Rutherford'a, последний пригласил меня к чаю и согласился принять в свою лабораторию Капицу (Красин согласился его оставить здесь для научной работы). Вообще видел здесь много знаменитых людей, но об этом лучше по приезде» [Соминский, 1965. С. 228].

Очень скоро Капица сделался любимцем Резерфорда и проработал у него в Кембридже тринадцать лет, пока ему не запретили в 1934 году выезд из СССР.

О том, что сделал для него Иоффе, Петр Леонидович помнил всю жизнь. На чествовании А.Ф. Иоффе по случаю шестидесятилетия, Капица был единственным, кто не вручил юбиляру приветственный адрес. В своем выступлении он объяснил, почему так случилось:

«Когда мы услышали, что предстоит празднование Вашего шестидесятилетнего юбилея, то никому из нас в голову не пришло писать адрес. Мы все решили сами сюда приехать. Сейчас я очень смущен тем, что у меня нет адреса. Это получилось потому, что когда приветствуют и поздравляют своего отца или родственника, как-то в голову не приходит мысль о том, что требуется соблюдение каких-то формальностей. <...> Я желаю Вам счастья. Желаю много лет быть нашим отцом, которого бы все любили, к которому бы так же хорошо относились, как и до сих пор» [Соминский, 1965. С. 208].

На том же юбилейном собрании в 1940 году П.Л. Капица, сравнительно недавно ставший директором Института физических проблем, отметил роль Иоффе как главы физической школы:

«Когда 4 года тому назад мне пришлось организовывать этот институт, то оказалось, что все его сотрудники были Вашими учениками или питомцами Вашего факультета. Таким образом, этот институт является отпрыском Вашей школы. К этому надо прибавить, что и я являюсь Вашим воспитанником. Правда, был перерыв, когда я находился в Англии, но, по существу, я – Ваш ученик» [Соминский, 1965. С. 303].

«Плотина прорвалась...»

Первые ростки теоретической физики в России взошли в Санкт-Петербурге, где в течение пяти лет с 1907 по 1912 вел научный семинар у себя дома выдающийся физик Пауль Эрэнфест. По словам Альберта Эйнштейна, близкого друга Эрэнфеста:

«Его величие заключалось в чрезвычайно хорошо развитой способности улавливать самое существо теоретического понятия и настолько освободить теорию от ее математического наряда, чтобы лежащая в ее основе простая идея проявлялась со всей ясностью. Эта способность позволяла ему быть бесподобным учителем. По этой же причине его приглашали на научные конгрессы, ибо в обсуждениях он всегда вносил изящество и четкость» [Эйнштейн, 1967. С. 191].

Юрий Борисович Румер писал:

«Эрэнфест был совершенно замечательный человек. Мне всегда казалось, что он в современной физике играет примерно такую же роль, что Белинский в истории русской литературы. Он считался критиком, к его мнению в высшей степени внимательно прислушивался Эйнштейн, и, кроме того, он дружил со всеми. Его страшно все любили» [Румер, 2013. С. 54–55].

Во времена учебы в ленинградском университете Льва Ландау именно бывшие ученики Эрэнфеста преподавали теоретическую физику. Но отсутствие сильной главы школы сказывалось, поэтому так важны были для молодежи поездки за границу, где научные школы физиков-теоретиков уже давно сформировались. Об этом писал академик П.Л. Капица в биографической статье, посвященной Ландау:

«... в эти годы у всех молодых ученых была большая потребность выехать за границу, чтобы участвовать в работе ведущих научных центров и общаться с крупными учеными на Западе. Для физика-теоретика это были в то время школы, созданные Бором в Копенгагене, Дебаем в Цюрихе, Зоммерфельдом в Мюнхене и Эрэнфестом в Лейдене» [Капица, 1974. С. 211].

К названным Петром Леонидовичам научным школам физиков-теоретиков я бы добавил Берлин, где на физический коллоквиум в Берлинском университете собирались профессора М. Планк, М. фон Лауэ, В. Нернст, а с 1914 года профессор Прусской академии наук Альберт Эйнштейн. И

самое главное, с 1921 года на ведущее место в ряду научных центров физики и математики вышел Гёттингген с Максом Борном, Джеймсом Франком, Давидом Гильбертом и Рихардом Курантом.

Отвечая на вопрос, в чем секрет успеха Макса Борна как учителя и создателя выдающейся школы физиков, Юрий Румер сказал так:

«Я думаю, что секрет его успеха заключается в необычайной широте его натуры, в сочетании таланта большого ученого с горячим сердцем очень хорошего человека. Макс Борн никому не навязывает своих мыслей и своих вкусов. Он любит обсуждать любые идеи в любой отрасли теоретической физики с любым из своих сотрудников, причем при обсуждении никогда не дает своим авторитетом, не обнаруживает своего превосходства. Он считает нужным предоставить всем, кто к нему попадает, широчайшую свободу для учебы и творчества. Со своей стороны он делал все, что было в человеческих силах, чтобы устранять препятствия, мешающие его сотрудникам работать» [Румер, 2013. С. 571].

Говоря о многочисленности школы Борна в Гёттинггене, Румер перечисляет имена его учеников и ассистентов, ставших участниками «революции вундеркиндов»:

«Его сотрудниками были, ставшие потом знаменитыми, Паули, Гейзенберг, Ферми, Дирак, Хунд, Гайтлер, Вигнер, Вайскопф. К его сотрудникам принадлежали также Оппенгеймер и Теллер, имена которых стали известны в связи с атомной бомбой» [Там же].

Немало учеников и ассистентов приезжало и из России. Среди них был и Сергей Иванович Вавилов.

Поездка молодых научных работников для продолжения образования за рубежом была обычной практикой в СССР в двадцатых и тридцатых годах прошлого века. За границу отправляли набраться опыта и профессоров российских вузов. Так в январе 1926 году получил полугодовую командировку в Германию от Московского университета Сергей Иванович Вавилов, будущий основатель Физического института Академии наук СССР и президент Академии. В приказе указывалось, что эта командировка – премия «первому профессору-ударнику» за отличную работу [Келлер, 1961]. В то время, помимо Московского университета, Сергей Вавилов преподавал в Московском высшем техническом училище и

Московском высшем зоотехническом институте, заведовал лабораторией физической оптики Института физики и биофизики Наркомздрава РСФСР.

Командировка была в Физический институт Берлинского университета в лабораторию Петера Прингсхайма (Вавилов по-русски пишет фамилию Pringsheim как Прингсгейм, а мы чуть иначе: Прингсхайм), героя моей «Одиссеи Петера Прингсхайма» [Беркович, 2017]. Начало научной карьеры Петера не предвещало ничего особенного, но Первая мировая война прервала ее на целых пять лет, которые он провел в концентрационном лагере в далекой Австралии. Сын профессора математики Альфреда Прингсхайма и брат Кати, жены Томаса Манна, Петер Прингсхайм приехал туда летом 1914 года на научную конференцию, но неожиданно оказался гражданином враждебного государства, с которой Австралия, как и все подданные английской короны, вела беспощадную войну. Только в 1919 году Петер вернулся в Берлин и стал наверстывать упущенные годы. К моменту приезда Вавилова к нему на стажировку он занимал должность экстраординарного профессора Берлинского университета. Полным профессором Прингсхайм станет в 1930 году. Но и в двадцатые годы он считался ведущим специалистом по люминесценции, так что выбор научного руководителя на время стажировки у Сергея Вавилова был не случайным.

Сергею Ивановичу повезло больше, чем Ландау: он оказался в Берлине в то самое время, когда буквально на глазах изумленных современников рождалась новая наука. «Революция вундеркиндов» началась летом 1925 года созданием Вернером Гейзенбергом на острове Гельголанд первого наброска будущей матричной механики. В конце того же года вышла в свет знаменитая «работа трех» – статья Борна, Гейзенберга и Йордана, – в которой матричная механика получила законченную форму. А в 1926 году одна за другой вышли несколько статей австрийского физика Эрвина Шрёдингера, заложившие основу волновой механики. Он же доказал эквивалентность двух механик – матричной и волновой. Поль Дирак, Паскуаль Йордан, а также Вольфганг Паули придали новому формализму законченный и общий характер. А закончилась революция осенью 1927 года выработкой так называемой «копенгагенской интерпретации» квантовой механики. Эта интерпретация включает принцип неопределенности Гейзенберга, принцип дополнительности Нильса

Бора и стохастическую интерпретацию волновой функции Макса Борна. Итоги сделанного за эти необыкновенно насыщенные два-три года были подведены на Пятом Сольвеевском конгрессе в Брюсселе в сентябре 1927 года.

Работая в лаборатории Петера Прингсхайма, Сергей Иванович не забывал посещать и знаменитый Физический коллоквиум («приват-коллоквиум») в Берлинском университете, которым руководил нобелевский лауреат Макс фон Лауэ. Постоянными участниками заседаний коллоквиума были Альберт Эйнштейн, Макс Планк, Вальтер Нернст и другие корифеи физики XX века. Главными темами обсуждения были как раз только-только появившиеся статьи Луи де Бройля, Вернера Гейзенберга, Макса Борна, Паскуаля Йордана, Эрвина Шрёдингера, Поля Дирака, посвященные новой науке – квантовой механике. О своем посещении приват-коллоквиума буквально в первый же день прибытия в Берлин 23 января 1926 года Вавилов сообщает своему другу и соавтору профессору Вадиму Леонидовичу Левшину:

«Сегодня был у Прингсгейма. Молодой, немного похож на Бачинского... Успели уже поспорить. Работу начну в понедельник 25-го. Был на приват-коллоквиуме (вроде нашего семинара), в котором Лауэ рассказывал о работе Гейзенберга» [Левшин, 1977. С. 355].

Немного отдышавшись с дороги, Вавилов пишет коллеге 27 января более подробное письмо, где отмечает:

«В первый же день появления в институте попал на приват-коллоквиум, на котором со мной было человек шесть: Лауэ, Прингсгейм, Хеттнер, Черни, Ортман. Разговор шел о работе Гейзенберга, толком ничего я не понял, да и присутствующие, кажется (за исключением Лауэ, который читал статью Гейзенберга с комментариями). Семинарий этот такого же типа, как наш оптический. Также статьи читаются и никто не стесняется» [Левшин, 1977. С. 356] (орфография и пунктуация сохранены авторские – Е.Б.).

Несмотря на то, что новая квантовая механика никак не давалась московскому профессору, он активно и успешно проводил экспериментальные работы в лаборатории Прингсхайма. От экспериментальной базы немецких физиков Вавилов был в восторге:

«Надо сказать, что при здешних средствах можно развивать бешеную скорость экспериментальной работы, а мы вынуждены двигаться черепахами» [Левшин, 1977. С. 378].

Вне работы Сергей Иванович тоже наблюдателен и зорко подмечает подробности быта ученых в Германии. В письме от 27 января 1926 года он сообщает:

«Вчера был я у Прингсгейма вечером в гостях, познакомился с его женой. Квартира у него довольно ободранная, хотя зарабатывает он, по его словам, марок 800 в месяц» [Левшин, 1977. С. 357].

Надо сказать, что отец Петера, профессор Альфред Прингсхайм, был в свое время одним из богатейших людей Баварии благодаря огромному состоянию, доставшемуся по наследству от отца – Рудольфа Прингсхайма, железнодорожного магната и промышленника. Однако мировая война и послевоенная разруха уничтожили все накопления [Беркович, 2017. С. 61].

В этом же письме еще про одно заседание приват-коллоквиума и снова о квантовой механике:

«Сегодня был на большом коллоквиуме в Большой аудитории. Докладывал некий Гордон, опять о Гейзенберге, и опять никто ничего не понял. Присутствовали Пернет, Планк, Лауэ, Эйнштейн и прочие особы» [Левшин, 1977. С. 357].

Сергей Иванович Вавилов оказался свидетелем очень важного события в истории физики XX века – первого доклада Вернера Гейзенберга на Физическом коллоквиуме в Берлине. После этого доклада Альберт Эйнштейн пригласил юного автора матричной механики к себе домой, и разговор с автором теории относительности Гейзенберг запомнил на всю жизнь [Беркович, 2021. С. 122]. Вавилов был на этом докладе и сообщил Левшину:

«Сегодня на коллоквиуме слушал очень интересный доклад Гейзенберга о новой квантовой механике. Гейзенберг совсем птенец, но ясность в мыслях имеет необыкновенную. Понемножку суть квантовой механики проясняется. Гейзенберг говорил без всяких мудрствований об основных делах. В новую квантовую механику понемножку все укладывается, недоразумения с водородом, комптоновский эффект и пр. Самое пикантное было в конце доклада. Теория де Бройля (в обработке Шредингера) оказывается математическим эквивалентом новой квантовой механики» [Левшин, 1977. С. 376].

«Птенцу» уже 25 лет, но выглядел Гейзенберг всегда моложе своих лет. Сергей Иванович на десять лет старше, опыта больше, научных званий и должностей – хоть отбавляй,

но войти в команду «вундеркиндов», творящих на его глазах новую науку о микромире, Вавилов и не пытается.

Командировочные деньги Вавилову переводили нерегулярно, из-за этого он часто жил в Берлине впроголодь, экономно на всем. Он даже решил вернуться в Москву раньше отведенного ему шестимесячного срока. Но несмотря на все трудности он не мог, хотя бы на две недели, не посетить Гёттинген, расположенный в 120 километрах к югу от Ганновера. Этот маленький университетский городок стал в двадцатых годах прошлого века центром физической мысли не только Германии, но и Европы.

К концу командировки Вавилова в Берлин ему перевели, наконец, какие-то деньги, и он сообщает Вадиму Левшину в письме от 29 апреля 1926 года:

«Дорогой Вадим Леонидович, деньги я получил 26 апреля и теперь обрел некоторое душевное равновесие. С оными деньгами могу прожить до 15 мая и уехать. На эти деньги, может быть, на прощанье съезжу недели на две в Геттинген» [Там же].

Гёттинген произвел на Вавилова очень приятное впечатление. В письме от 17 мая он пишет:

«Здесь я четыре дня и чувствую себя после Берлина примерно, как на даче. Маленький городок, весь в садах, с зелеными холмами кругом. Живет все университетом и для университета. На каждом домике памятные доски (иногда штук по 5 сразу), какие великие мужи здесь проживали. Рядом с моей квартирой уютное кладбище с могилой Гаусса. Ходят изрезанные бурши, в городе 3 автомобиля, 3 кинематографа и 3 пивных, но зато есть Франк, Борн, Поль, Гильберт и др.» [Левшин, 1977. С. 379].

Из русских ученых, работавших в Гёттингене, Вавилов упоминает сотрудника ленинградского института Абрама Федоровича Иоффе физико-химика В.Н. Кондратьева, проходившего стажировку у Джеймса Франка. С Максом Борном тесно сотрудничали два видных советских физика-теоретика Ю.А. Крутков и Я.И. Френкель, уже длительное время находившиеся в Гёттингене. О них мы подробнее поговорим в следующих разделах. С Крутковым Вавилов уже был хорошо знаком, а с Френкелем познакомился только здесь, в Гёттингене, благодаря содействию Круткова. Оба были рады знакомству, Яков Ильич писал родителям, что «Вавилов... очень симпатичный человек». Чуть позже, в письме от 20 мая 1926 года он сообщает:

«Вчера Крутков, Вавилов и я были с визитом у проф. Поля, а сегодня отправились к Борнам. Борн, Франк и Поль живут очень дружно, состоят друг с другом на „ты« и вообще представляют собой весьма приятную компанию» [Левшин, 1977. С. 150].

Теоретики Крутков и Френкель, как могли, помогали экспериментатору Вавилову разобраться в запутанных лабиринтах новой квантовой физики, но, как видно из письма Вавилова профессору Левшину от 17 мая, без большого успеха:

«Познакомился и с Борном, был на его лекции по новой квантовой механике и на семинарии. Живу я тут вместе с Крутковым и Френкелем. Они меня просвещают в области этой новой кабалистики. Последняя новость – создание теории Шредингера и Гейзенберга. Вообще, теоретики полагают, что плотина прорвалась и начинается новая эра физики. Вещи, во всяком случае, мудреные и воспринимаются трудно» [Левшин, 1977. С. 379].

В отличие от Ландау Сергею Ивановичу Вавилову повезло оказаться в нужное время в нужном месте – в эпицентре разворачивающейся на его глазах революции в физике. Но «хорошие задачи», по выражению Льва Давидовича, оказались для Вавилова слишком «мудреными». От физика-экспериментатора Вавилова трудно было бы ожидать, что он сохodu примет участие в «революции вундеркиндов». Куда больше шансов было у теоретиков Круткова и Френкеля. И дело тут не в том, что теоретики умнее, а экспериментаторы менее сообразительны. Как раз хорошему экспериментатору нужна большая сообразительность и яркая творческая жилка, чтобы продумать, организовать и проанализировать сложный современный физический опыт. Дело тут в том, что понять непростую и неочевидную физическую теорию не каждый сохodu может. Когда Эйнштейн отбивался от насмешков антисемита Пауля Вайланда, сославшегося в своих статьях и выступлениях на авторитет нобелевского лауреата Филиппа Ленарда, он написал в газету «*Berliner Tageblatt*» обширную статью «Мой ответ антирелятивистскому предприятю», в которой главной мишенью сделал не проходимца Вайланда, а уважаемого профессора Ленарда. Ключевым в статье был такой пассаж:

«Я восхищаюсь Ленардом как специалистом по экспериментальной физике; но в теоретической физике он еще ничего не совершил, и его возражения против общей теории

относительности настолько поверхностны, что я до сих пор не считаю нужным обстоятельно на них отвечать» [Goeppner, 2005. S. 183].

То есть для понимания современной физической теории нужно иметь опыт работы с теоретическими текстами и моделями, владеть нужным математическим аппаратом, что не всегда имеется в арсенале экспериментатора. Говоря проще, недостаточно вовремя родиться и в нужное время оказаться в нужном месте, нужно еще иметь подготовку и способности Ландау, чтобы встать вровень с творцами революции в физике.

Первый советский физик-теоретик

Юрий Крутков был, пожалуй, лучше всех советских физиков подготовлен к наступлению «революции вундеркиндов». С первых студенческих лет на физико-математическом факультете Петербургского университета он активно участвовал в семинаре Пауля (Павла Сигизмундовича) Эренфеста, собиравшемся в 1908–1912 годах вплоть до отъезда Эренфеста в Голландию. Юрий рано смог побывать за границей – осень 1913 года провел в Лейдене у Эренфеста, путешествовал по стране, участвовал в физических семинарах в разных городах Голландии, в том числе, в Гаарлеме у Лоренца. Возможно, он уже тогда бегло встречался с Эйнштейном, часто бывавшим в гостях у Лоренца и у Эренфеста. Во всяком случае, по возвращению в Петербург зимой 1914 года он получил открытку, подписанную Эйнштейном, а также Эренфестом и другими голландскими физиками, такого содержания:

«Дорогой господин Крутков, сердечные приветы от участников исключительно плодотворно прошедшего коллоквиума. Письмо вскоре последует» [Френкель, 1970а. С. 642].

Близкое знакомство с Эйнштейном произойдет спустя десять лет, о чем речь еще впереди.

Собственные работы Круткова тех лет лежали в русле квантовой физики до рождения квантовой механики. В каком-то смысле и его работы, и работы Эренфеста готовили почву для новой науки, но после создания матричной и волновой механик перестали быть актуальными.

Время для науки в России было крайне неблагоприятное. Отгремела страшная Первая мировая война, произошла Октябрьская революция, за ней последовала не менее страш-

ная Гражданская война. О разрухе, царившей в России начала двадцатых годов двадцатого века свидетельствует четвертый пункт принятого на первом заседании Атомной комиссии зимой 1920 года:

«Обеспечить Ю.А. Круткова керосином и дровами, чтобы дать ему возможность работать продуктивно дома» [Френкель, 1970а. С. 645].

Но Круткову очень повезло. Он первым из представителей советской науки получил годовую стипендию из Рокфеллеровского фонда, которую давали наиболее талантливым ученым для работы в различных научных центрах Европы. И 1922–1923 годы Юрий Крутков провел в Германии и Голландии. В эти годы Советская Россия стремилась наладить связи с Западом, чтобы укрепить, а чаще создать заново материальную базу научных исследований. Нужно было закупить книги для библиотек университетов и Академии наук, приборы для основных научных институтов Москвы и Петрограда. С этой целью в Берлине работала большая команда советских физиков, с которыми поддерживал связь Крутков. В его берлинской квартире останавливался академик Иван Петрович Павлов во время своей поездки в США. В Берлине Крутков встречался с почетным членом Российской академии наук физиком Орестом Даниловичем Хвольсоном, автором знаменитого «Курса физики», тоже прибывшем в Германию в командировку.

Контакты с европейскими физиками и математиками у Круткова были уже давно налажены. Его принимали Лоренц, Дебай, Каммерлинг-Оннес, Штерн, Гильберт и, конечно, Эрэнфест. До начала «революции вундеркиндов» оставалось два года.

В 1925–1926 годах, когда эта революция шла полным ходом, Юрий Крутков снова оказался в Германии. Теперь он большую часть времени проводил в Гёттингене, именно там, где рождалась матричная механика и стохастическая интерпретация волновой функции.

В Гёттингене собралась большая команда ленинградских физиков, сюда на различные сроки приезжали П.Л. Капица, С.И. Вавилов, В.Н. Кондратьев, Н.Н. Семенов, Я.И. Френкель и другие ученые.

С Яковом Ильичом Френкелем познакомился в Гамбурге, куда приехал повидаться с профессором Отто Штерном, ассистентом которого в те годы был великий Вольфганг Пау-

ли. В письме от 14 марта 1926 года Яков Ильич сообщает родным:

«У меня со вчерашнего дня гость – Ю. А. Крутков, которого мои хозяева устроили в смежной с моей комнате. Я чрезвычайно рад его приезду; мы с ним весьма приятно и полезно проводим время. Вчера до позднего вечера занимались чтением, комментированием и отчасти дальнейшим развитием новой статьи Гейзенберга о квантовой механике... Крутков чрезвычайно милый и приятный парень; за одни сутки нашего совместного пребывания в Гамбурге я узнал его лучше, чем за 5 лет совместной жизни в Ленинграде... С середины апреля и до начала августа мы... будем работать с ним оба в Гёттингене, в значительной мере, вероятно, совместно: мы оба страдаем ленцой, а коллективизм является в этом случае наилучшим противоядием» [Френкель, 1970а. С. 646].

Оказавшись в эпицентре «революции вундеркиндов», Юрий Крутков сам непосредственного участия в ней не принял. Но впоследствии он взял на себя роль пропагандиста новой теории и просветителя советских физиков – читал курсы лекций в Ленинградском университете и в Физико-математическом институте Академии наук СССР. По свидетельству современников, лектором он был превосходным.

В 1933 году Крутков был избран членом-корреспондентом Академии наук (одновременно с Д.С. Рождественским и И.Е. Таммом). В годы Большого Террора Юрий Александрович разделил судьбу многих советских ученых – в 1937 году был арестован. Правда, ему повезло – вместо лагеря он попал в «шарашку», Конструкторское бюро Туполева, ЦКБ-29, где работал по специальности рядом с Юрием Борисовичем Румером, тоже арестованным вместе с Львом Ландау. Вернувшись в Ленинград после освобождения, Крутков продолжил работу в университете, стал даже заведующим кафедрой. Помогли старые друзья и коллеги – Владимир Иванович Смирнов, Сергей Иванович Вавилов и другие. Жизнь, вроде, стала налаживаться, ему даже присудили Государственную премию за серию специальных работ, в которых он участвовал. О премии он узнал в больнице в последние дни августа 1952 года, а через две недели скончался там от сердечной недостаточности.

«Победил Эйнштейна в споре о Фридмане»

Главным достижением пребывания в Германии и Голландии в 1922–1923 годах Крутков считал тот факт, что ему удалось убедить Альберта Эйнштейна признать ошибку в его представлении о строении Вселенной. В мае 1923 года Эйнштейн приехал в Лейден, чтобы присутствовать на прощальной лекции своего старшего товарища Хендрика Антона Лоренца, уходящего в отставку в связи с наступающим семидесятилетием. Остановился Эйнштейн, как всегда, в доме своего друга Пауля Эренфеста. Пауль и познакомил великого физика с гостем из Петрограда.

К встрече с Эйнштейном Крутков стремился не только из понятного любопытства и желания увидеть гениального ученого. Было еще одно конкретное дело, связанное с работой его питерского товарища, физика Александра Фридмана. Короткая жизнь этого выдающегося ученого – он умер в пушкинском возрасте 37 лет – настолько насыщена приключениями, подвигами, необыкновенно интенсивной научной работой в разных областях знаний, страстными любовными переживаниями, что заслуживает отдельных статей, книг и кинофильмов. Нелишне напомнить, что Эренфест хорошо знал и Круткова, и Фридмана со времен своего семинара, которым он руководил в Петрограде в 1908–1912 годах. Две работы Фридмана, развивающие космологическую модель Эйнштейна, сделали его классиком науки.

Создавая общую теорию относительности, Эйнштейн представлял себе Вселенную ограниченной неизменного (стационарного) размера. Он так и писал в дополнении к работе 1918 года:

«Размеры (“радиус”) пространства не зависят от времени» [Эйнштейн, 1965. С. 599].

Чтобы это условие не противоречило уравнениям общей теории относительности, Эйнштейну пришлось добавить в них так называемый космологический член, который из общей теории не следовал и не представлялся естественным. Сам автор теории относительности был этим членом недоволен, но не знал, как иначе обеспечить условие стационарности Вселенной, без которого он свою теорию не мыслил.

Альберт Эйнштейн иногда ошибался, если посмотреть собрание его сочинений, то можно увидеть статьи, где предыдущая работа объявлялась неверной. Но это заблуждение относительно размеров Вселенной он считал самым круп-

ным своим просмотром. И указал ему на эту ошибку ни кто иной как Александр Александрович Фридман.

Теория относительности долгое время не была главной областью научных занятий Фридмана. Количество опубликованных статей по теории тяготения составляет менее десяти процентов всех его работ. Но по своему значению и влиянию на развитие физической картины мира две небольшие заметки 1922 и 1924 года стоят на первом месте.

Основные идеи общей теории относительности Фридман и его петроградские коллеги узнавали от профессора Всеволода Константиновича Фредерикса, в 1918 году вернувшегося в Россию после длительного пребывания за границей. Сначала он учился и защитил диссертацию в Женевском университете, а в 1909 году переехал в Гёттинген, где продолжил научную работу. Тут его и застала Первая мировая война, и Фредерикса как подданного враждебного государства должны были интернировать в концлагерь. Спас его Давид Гильберт, сделавший Фредерикса своим личным ассистентом. В 1914–1915 годах Гильберт, соревнуясь с Эйнштейном, вплотную был занят построением уравнений общей теории относительности, так что его ассистент знакомился с новой теорией, можно сказать, из первых рук. В Петрограде Фредерикс читал лекции по теории относительности, вместе с Фридманом выступал на семинаре в Физическом институте университета с докладами о теории Эйнштейна. Свидетель этих выступлений Владимир Александрович Фок так описывал обстановку на семинарах:

«Участниками семинара были профессор и студенты старшего курса (их было тогда немного). Основными докладчиками по теории относительности были В.К. Фредерикс и А.А. Фридман, но иногда выступали Ю.А. Крутков, В.Р. Бурсиан и другие. Доклады Фредерикса и Фридмана я живо помню. Стиль этих докладов был различный: Фредерикс глубоко понимал физическую сторону теории, но не любил математических выкладок, Фридман же делал упор не на физику, а на математику. Он стремился к математической строгости и придавал большое значение полной и точной формулировке исходных предпосылок. Очень интересны бывали возникавшие между Фредериксом и Фридманом дискуссии» [Фок, 1963. С. 353].

В июне 1922 года Фридман отправляет в журнал «Zeitschrift für Physik» статью «О кривизне пространства» [Фрид-

ман, 1963]. В этой работе показано, что уравнения Эйнштейна имеют и нестационарное решение, проще говоря, предлагается теория расширяющейся Вселенной. При этом вводить искусственный «космологический член» нет необходимости.

К работе Фридмана Эйнштейн отнесся поначалу отрицательно. В заметке, отправленной в редакцию журнала «*Zeitschrift für Physik*» в сентябре того же 1922 года, Эйнштейн, «несколько свысока», как выразился В.А. Фок [*Фок, 1963. С. 355*], пишет:

«Результаты относительно нестационарного мира, содержащиеся в упомянутой работе, представляются мне подозрительными. В действительности оказывается, что указанное в ней решение не удовлетворяет уравнениям поля» [*Эйнштейн, 1966. С. 118*].

В декабре 1922 года Александр Фридман пишет большое письмо Эйнштейну, начинается оно так:

«Многоуважаемый господин профессор! Из письма одного из своих друзей, который сейчас находится за границей, я имел честь узнать, что Вы сдали в печать в 11-й том Zeitschrift Physik небольшую заметку, где указывается, что если принять сделанные в моей статье О кривизне пространства допущения, то из выведенных Вами мировых уравнений должно будет следовать, что радиус кривизны мира является величиной, не зависящей от времени» [*Френкель, 1974. С. 8–9*].

Ясно, что под «одним из своих друзей, который сейчас находится за границей», нужно понимать Юрия Круктова. В письме Эйнштейну Фридман прямыми расчетами показывает, что вывод о постоянстве во времени радиуса кривизны мира неверен. По окончании выкладок Фридман подводит итог:

«Результат расчетов показал, что может существовать как мир с постоянной (но уже отрицательной), так и мир с изменяющейся (во времени) кривизной. Наличие возможности получить из Ваших мировых уравнений мир с постоянной отрицательной кривизной представляет для меня исключительный интерес, и поэтому я очень прошу Вас ответить на это мое письмо, хотя и знаю, что Вы очень заняты. В случае если Вы сочтете правильными изложенные в моем письме расчеты, я прошу Вас не отказать мне в том, чтобы известить об этом редакцию Zeitschrift Physik; быть может, в этом случае Вы поместите в печати поправку к Вашему высказыванию или предоставите возможность для перепечатки из этого моего письма» [*Френкель, 1974. С. 11*].

Письмо Фридмана Эйнштейну отправлено 6 декабря 1922 года. Ответа Фридман так и не дождался. И дело не только в том, что Эйнштейн был «очень занят», его уже давно не было в Берлине, куда послал письмо Фридман. Отказавшись от давно запланированного выступления на съезде Общества немецких естествоиспытателей и врачей в сентябре 1922 года в Лейпциге из-за прямых угроз националистов, Эйнштейн с женой Эльзой 8 октября отправились в длительную поездку в Японию. По пути в Страну Восходящего солнца он узнал о присуждении ему Нобелевской премии. В феврале 1923 года на обратном пути из Японии чета Эйнштейнов провела 12 дней в Палестине. Вернулись в Берлин Эйнштейны только в марте 1923 года. А в мае Альберт Эйнштейн оказался в Лейдене, в доме Пауля Эренфеста, где Юрию Круткову удалось добиться внимания великого физика. Об их встречах мы узнаем по письмам Круткова сестре. В конце письма от 4 мая 1923 года Юрий Александрович поясняет:

«Я не могу, однако, больше писать, так как должен спешить на доклад Эйнштейна. Он очень сердечный (gemütlich) человек» (я бы перевел «приветливый» – Е.Б.) [Френкель, 1970а. С. 647].

В дневнике Круткова есть лаконичная запись:

«В понедельник 7 мая 1923 г. читал с Эйнштейном статью Фридмана в “Zs. f. Physik”, Bd. 10» [Там же].

А 18 мая Юрий сообщает сестре радостную весть:

«Победил Эйнштейна в споре о Фридмане. Честь Петрограда спасена!» [Там же].

На этом, правда, контакты Круткова и Эйнштейна не закончились. По сообщению Владимира Александровича Фока, они еще виделись в Берлине:

«В то время (1923 г.) в заграничной командировке был Ю.А. Крутков, который, по просьбе Фридмана, виделся в Берлине с Эйнштейном и с большим трудом (как он мне говорил) убедил последнего в его неправоте. В результате дискуссий между Крутковым и Эйнштейном вскоре появилась вторая заметка Эйнштейна, в которой тот полностью признает свою ошибку и дает высокую оценку результатам Фридмана. Такая готовность Эйнштейна – великого ученого, стоявшего тогда на вершине своей славы, – признать свою ошибку заслуживает быть отмеченной» [Фок, 1963. С. 355].

Вторая заметка Эйнштейна в журнал «Zeitschrift für Physik» столь же коротка, как и первая. Ее русский перевод опубликован на следующей странице второго тома Собрания сочинений в четырех томах:

«В предыдущей заметке я подверг критике названную выше работу. Однако моя критика, как я убедился из письма Фридмана, сообщенного мне г-ном Крутковым, основывалась на ошибке в вычислениях. Я считаю результаты Фридмана правильными и проливающими новый свет. Оказывается, что уравнения поля допускают наряду со статическими также и центрально-симметричные решения для структуры пространства.

Поступила 31 мая 1923 г.» [Эйнштейн, 1966а. С. 119].

Если внимательно прочитать этот текст, то можно понять, что Эйнштейн узнал о письме Фридмана из беседы с Юрием Крутковым, а само письмо, посланное в Берлин из Петрограда, он не получил или не читал. Однако Ю.Б. Татаринов обратил внимание, что русский перевод заметки Эйнштейна в Собрании научных трудов сделан не совсем точно. Немецкая фраза в оригинале статьи выглядит так:

«Mein Einwand beruhte aber – wie ich mich auf Anregung des Herrn Krutkoff an Hand eines Briefes von Herrn Friedmann überzeugt habe – auf einem Rechenfehler» [Einstein, 1923].

Поэтому более точный перевод, по мнению Татаринова, должен был выглядеть так:

«Мое возражение основывалось на вычислительной ошибке, как я убедился по побуждению г-на Круткова, руководствуясь письмом г-на Фридмана» (цитируется по статье [Френкель, 1988. С. 507]).

Отсюда можно сделать более вероятный вывод, что письмо Фридмана до Эйнштейна все же дошло, а с Крутковым он его просто читал и разбирал математические выкладки.

Сам Александр Александрович Фридман мечтал встретиться с Эйнштейном. И, казалось, его мечта вот-вот должна была сбыться: в августе-сентябре 1923 года он был в Берлине и искал возможности увидеться с автором теории относительности. Вторая заметка Эйнштейна, реабилитирующая петроградского исследователя, к этому времени уже была опубликована. Но, увы, Эйнштейна не было в столице. Фридман с горечью пишет 19 августа:

«Моя командировка не ладится, – Эйнштейн, например, уехал на дачу, и мне его повидать не удастся» [Там же].

Не удалось увидеться с Эйнштейном и на следующий год, когда Фридман участвовал в Первом Международном конгрессе по прикладной механике в Дельфте 22–28 апреля 1934 года. По окончании конгресса он две недели пробыл в Германии, но долгожданная встреча так и не произошла.

До «революции вундеркиндов» Александр Александрович Фридман не дожил: в конце августа 1925 года, возвращаясь из Крыма, он неосторожно съел на каком-то перроне немытые груши, и через две недели врачи установили смертельный диагноз: брюшной тиф. Фридман скончался в больнице 16 сентября.

По масштабу научного дара Фридман вполне мог бы стать участником еще одной революции в физике, но судьба распорядилась иначе. Однако и его вклад в современную космологию вошел в историю науки.

Намордник для председателя

К Якову Ильичу Френкелю в период его взросления точно подходит выражение Льва Давидовича Ландау «опоздал родиться». Ведь Яков поступил в Петербургский университет в 1913 году, когда из страны уже уехал Пауль Эренфест и прекратил работу его семинар, существовавший до 1912 года. Френкелю, как и другим его сверстникам, приходилось осваивать теоретическую физику самостоятельно, в отсутствие настоящей физической школы в дореволюционном Петербурге. Как предмет теоретическая физика отсутствовала в университетской программе, и Яков Ильич изучал эту науку без чьего-либо руководства.

Френкель досрочно закончил университетский курс за три года в 1916 году и был оставлен там «для приготовления к профессорской и преподавательской деятельности», говоря современным языком, в аспирантуре. Время не очень благоприятствовало занятиям наукой. Вот один из рассказов Якова Ильича детям. На первый магистерский экзамен он отправился рано утром 26 октября 1917 года. В университет шел пешком, дошел до Дворцовой площади, но путь на Васильевский остров ему преградил отряд революционных матросов. Никакие уговоры не помогали, пришлось повернуть назад. Через несколько дней профессор Хвольсон, старейшина петроградской физики и автор многотомного курса, строго выговаривал Френкелю: *«Трое профессоров специально собрались, чтобы проэкзаменовать вас, а вы не изво-*

лили явиться!». Тот оправдывался: «Орест Данилович, ведь произошла революция!». На что профессор отчеканил: «Молодой человек, запомните: для настоящих ученых существует только их наука – и никаких революций!» [Тамм, 1962. С. 402–403].

К началу «революции вундеркиндов» Яков Френкель уже вполне состоявшийся ученый, опубликовавший в различных журналах, включая «Zeitschrift für Physik», более полутора десятков оригинальных статей. Он автор нескольких книг. В сентябре 1924 года Яков Ильич выступает с пятью докладами на съезде физиков в Ленинграде. На съезде присутствовал и Пауль Эренфест, которому молодой физик понравился. По представлению Эренфеста Рокфеллеровский фонд выделил Френкелю стипендию на годичную стажировку в Германии. В этом ему больше повезло, чем Ландау – он оказался в нужное время в нужном месте, чтобы общаться с творцами новой физики и самому участвовать в ее создании. О встречах с выдающимися коллегами мы узнаем по его письмам родным.

Встречу с Эйнштейном Френкель описывает 20 ноября 1925 года:

«Сегодня от 12 до 2 я был у Эйнштейна. Я поднимался по лестнице в доме, где живет Эйнштейн, с некоторым волнением. Впрочем, это волнение тотчас же исчезло, как только я увидел самого. Он оказался необыкновенно милым человеком (соединяющим в себе мягкость Абрама Федоровича с прямотой и искренностью Эренфеста). Говорил я с ним исключительно о физике, преимущественно излагая свои собственные соображения. Соображения эти он весьма одобрил, в особенности, относящиеся к моей теории металлов (которая будет докладываться в семинарии здешнего университета в среду вечером). Затрагивали в беседе и другие вопросы, связанные с теорией квантов, причем Эйнштейн резюмировал свое отношение к последней следующим образом: положение отчаянное, ничего понять невозможно! Свидание происходило в рабочем кабинете Эйнштейна; последний имел довольно пролетарский вид в вязаном жилете без пиджака, довольно таки потертых брюках и сандалиях, которые столь распространены у нас в Ленинграде» [Тамм, 1962. С. 409].

После этой беседы автор теории относительности согласился взять Френкеля под покровительство. На заседании Физического коллоквиума, где докладчик Беккер в присутствии Эйнштейна, Планка, фон Лауэ, Нернста и других ко-

рифеев рассказывал о теории электропроводности металлов по Френкелю и разошелся с автором теории в одном вопросе, Эйнштейн решительно выступил против Беккера и назвал соображения Френкеля *«совершенно правильными, а результаты весьма замечательными»* [Там же].

Яков Ильич даже собирался остаться в Берлине еще на месяц и поработать под началом Эйнштейна (Френкель подчеркивает: не по теории относительности! [Там же]), но Эйнштейн неожиданно уезжает в Лейден, и планы Френкеля меняются, он едет в Гамбург. Там произошли тоже важные встречи – его принимали профессор Штерн и его ассистент неподражаемый Паули. Как пишет Яков Ильич родным 24 января 1926 года, *«научное общение с Паули и отчасти Штерном и усиленные занятия начинают сказываться в быстром подъеме моих знаний и расширении горизонтов»* [Там же].

Немецкий язык Френкеля быстро совершенствуется, хотя поначалу, как утверждал А.Ф. Иоффе, он *«вряд ли многим был доступен»*. Общение ограничивалось недостаточностью средств. Яков Ильич пишет об этом в том же письме:

«Единственно о чем я жалею, – это о невозможности при означенных условиях ближе познакомиться со своими товарищами по науке. Все они – Штерн, Паули, Венцель, Минковский – холостяки (очень славные парни) и встречаются друг с другом, помимо института, лишь в ресторанах, кафе, кино и тому подобных местах, которые я не посещаю» [Там же].

Упомянутый тут Минковский – это Рудольф, племянник математика Германа Минковского, скончавшегося в Гёттингене в 1909 году. В Гамбурге, как было сказано выше, состоялась встреча Френкеля и Круткова, и теперь изучение новых научных тем начиналось с совместного обсуждения, что, по словам Якова Ильича, стало *«совершенно необходимым дополнением их самостоятельного обдумывания»* [Там же, 1962. С. 410].

После четырехмесячного пребывания в Гамбурге Френкель переехал в Гёттинген, который уже невозможно было миновать, если ты интересуешься последними новостями физики. Как и большинству его земляков, маленький университетский городок на юге Нижней Саксонии очень понравился гостю из Ленинграда. В письме от 1 мая 1926 года Френкель сообщает:

«Я по-прежнему в полном восторге от Гёттингена. Мне давно не приходилось жить в маленьком городке, и контраст с большими городами выступает в очень привлекательном свете. Помимо этого, у Гёттингена очаровательные окрестности. Полчаса ходьбы, а то и меньше, и вы уже вне города, на холмах, поросших липами и другими деревьями, наполняющими воздух упоительным ароматом весеннего цветения. С холмов, на которых возвышаются неизбежные Bismarckturm или Bismarckstein, открывается чудесный вид на город, утопающий в зелени (кроме небольшой центральной части). В самом городе – ни трамваев, ни автомобилей (почти), одни велосипедисты, да прохожие, наполовину, по крайней мере, студенты в пестрых шапочках различных корпораций и бюргершафтов» [Там же].

Столь же приятное впечатление оставил и шеф гёттингенской команды теоретиков Макс Борн. Вот его характеристика в письме от 4 мая:

«Сегодня, наконец, познакомился с Борном. Он мне чрезвычайно понравился. Ему 40 с лишним лет, но выглядит он совсем молодым. Небольшого роста, худощавый, бритый, с седеющими волосами и голубыми глазами. Одним словом, патрон мне нравится так же, как и Гёттинген» [Тамм, 1962. С. 410–411].

Несмотря на симпатию, которую вызывает Борн своей внешностью и музыкальностью (Френкель отмечает, что в гостиную Борнов «стоят примкнутые друг к другу два рояля»), лекции шефа воспринимаются с трудом. И хотя в письме Яков Ильич пишет об американцах и немцах – слушателях Борна, понятно, что и себя он не исключает из большинства аудитории:

«В Гёттингене имеется несколько американцев, жаждущих приобщиться к свету новых истин, излучаемому Борном. К сожалению, они излучаются им с такой поспешностью, которая делает их неуловимыми для большинства аудитории. И хотя эта аудитория, состоящая преимущественно из немецких студентов, усиленно топает ногами в знак своего одобрения к лектору (подобное топотанье заменяет в Германии рукоплескания), однако она все же редет» [Тамм, 1962. С. 411].

Тем не менее, число паломников в Гёттинген не уменьшается, среди них ожидается немалый десант из России:

«В Гёттинген в недалеком будущем приезжает Бурсиан, а засим Лукирский и Семенов с женой. Одним словом, предсто-

ит российская или, вернее, рентгеновская оккупация этого исконно немецкого городка» (письмо от 30 мая [Там же]).

«Рентгеновская оккупация» означает тут команду из ленинградского Рентгеновского института, впоследствии переименованного в Физико-технический институт Абрама Федоровича Иоффе.

Три месяца в Гёттингене пролетели быстро, и Яков Ильич вернулся в Ленинград, где его ждало новое профессорское звание. Менее чем через год Френкель снова в командировке в Европу, на этот раз в Италии. На Международную физическую конференцию, посвященную столетию со дня смерти знаменитого итальянского естествоиспытателя Алессандро Вольты, пригласили ведущих ученых планеты. Конференция проходила в сентябре 1927 года в живописном городке Комо, где родился и умер один из первых исследователей электричества, создатель вольтова столба, изобретатель конденсатора, электроскопа и других приборов. Прием был организован по-царски щедро. Яков Френкель вспоминал:

«Необходимо сказать, что итальянцы проявили при этом необычайное радушие и чрезвычайно широкое гостеприимство. Конгрессистов не только угощали помпезными обедами и ужинами; их катали по озеру Комо, возили на автомобилях в Павию, доставили специальным поездом в Рим, возили с гидами по римским достопримечательностям; наконец, им предоставили значительную скидку на 5 путешествий по железной дороге, а некоторым из них – бесплатные билеты 1 класса, годные для всей железнодорожной сети в течение одного месяца» [Френкель, 1970. С. 248].

На конференцию были приглашены физики из Австрии, Великобритании, Голландии, Дании, Индии, Испании, Италии, Канады, Советского Союза, США, Франции, Швейцарии, Швеции. Советских физиков представляли Яков Френкель и Петр Лазарев. Официальными языками конференции в Комо считались итальянский, английский, французский и немецкий. Но во время церемонии открытия ректор Павийского университета профессор Росси сказал приветственные слова и на русском. Правда, в зале только Яков Френкель и Петр Лазарев могли понимать сказанное. В трудах конгресса приветствие Росси набрано латиницей. Среди семидесяти приглашенных участников конференции в Комо было тринадцать нобелевских лауреатов.

Приглашение Якова Френкеля на конференцию в Комо означало формальное признание его роли в «революции вундеркиндов». За исключением Эйнштейна, Дирака и Шрёдингера, не захотевших ехать на конференцию, проводившуюся под патронажем Муссолини, в Комо собрались все так или иначе причастные к ней ученые: Нильс Бор, Макс Борн, Луи де Бройль, Артур Холли Комптон, Петер Дебай, Энрико Ферми, Джеймс Франк, Вернер Гейзенберг, Хендрик Крамерс, Макс фон Лауэ, Хендрик Лоренц, Фридрих Пашен, Вольфганг Паули, Макс Планк, Арнольд Зоммерфельд, Юджин Вигнер, Питер Зеeman, Эрнест Резерфорд, Джон фон Нейман...

И все же безоговорочно отнести Якова Ильича к этой славной когорте было бы преувеличением. У него, безусловно, множество заслуг и первоклассных результатов в теоретической физике. Он ввел понятие особой квазичастицы – экситона, наблюдать которую удалось только спустя двадцать лет. Он показал, что жидкости намного ближе по своим свойствам к твердым телам, чем к газам, в противоположность тому, что считалось истиной с античных времен. Френкелю принадлежит так называемая «капельная модель ядра», позволившая рассчитать процесс деления ядер, столь важный для современной ядерной физики. Кроме того, он создал первый в СССР курс теоретической физики, прообраз знаменитого курса Ландау и Лифшица.

Френкель оставил большой объем научного наследства. За тридцать пять лет работы он опубликовал около 300 статей и более 20 книг. Но, с другой стороны, эта производительность имела и оборотную сторону. Он не всегда доводил свои идеи до завершения. Петр Леонидович Капица как-то ему в шутку заметил: *«Ты был бы гениален, если бы публиковал в 10 раз меньше»* [Френкель, 1970. С. 17].

Игорь Евгеньевич Тамм, высоко оценивая Френкеля – исследователя и педагога – тем не менее признает:

«Он редко подвергал свои новые идеи детальной, углубленной разработке. Это объяснялось отнюдь не недостаточным владением математической техникой или недостатком математического таланта, а лишь широтой и многосторонностью его научных интересов. Он давал главное – давал новые идеи, создавал новые концепции. Эти идеи и концепции подхватывались другими учеными, которые детально их разрабатывали, подвергали тщательному математическому анализу и в результате доказывали их справедливость (а иногда и опровергали их)» [Тамм, 1962. С. 398].

Тамм называет Френкеля ученым-романтиком, поясняя эту классификацию ссылкой на Вильгельма Оствальда:

«По своему научному складу, по классификации, предложенной В. Оствальдом в книге Великие люди, Яков Ильич был типичнейшим представителем ученых романтиков, которых Оствальд противопоставлял ученым-классикам» [Тамм, 1962. С. 397].

Френкеля отличали именно те характеристики, которые свойственны «романтикам» в науке: *«необычайная разносторонность, широта интересов и поразительная творческая продуктивность, обилие новых, оригинальных научных идей. Как это и характерно для “романтиков”, само обилие новых идей приводило к тому, что не все они оказывались плодотворными и правильными» [Там же].*

По свидетельству современников, Яков Ильич был душевным, отзывчивым человеком. Игорь Евгеньевич Тамм подчеркивает:

«Он не только обладал своеобразным обаянием, покорявшим даже мало знакомых с ним людей, но отличался и необыкновенной душевной теплотой и был на редкость добрым человеком, в подлинном, самом лучшем смысле этого слова» [Тамм, 1962. С. 398].

На этом фоне трудно объяснить вызывающе дерзкое отношение Льва Ландау к своему старшему коллеге. Юрий Румер называет «комическим элементом» то раздражение, которое вызывал Френкель у Льва Давидовича. Объясняет он это тем, что Яков Ильич слишком поздно понял,

«что Ландау не только способный молодой человек, но и мировой физик, гораздо более крупного масштаба, чем сам Яков Ильич. И это покровительственное отношение Якова Ильича страшно раздражало Ландау. Когда я ему говорил, что ты, все-таки, Дау, напрасно к Якову Ильичу так относишься. – “Я, – говорит, – с ним не могу”» [Румер, 2013. С. 375].

Отношение Ландау к Френкелю порой становилось просто нестерпимым для окружающих. Характерный случай произошел на международном съезде физиков в Харькове:

«И вот раз (по-моему, в 34-м году) был в Харькове довольно крупный международный съезд физиков. Приехали туда Бор, Уилер и Вайскопф, в общем, много иностранных физиков. По обычаю, тот, кто является ординарным профессором в городе, где происходит съезд, является председателем съезда. Ландау было очень мало лет, 26 лет, и он ока-

зался председателем конгресса. Причем, что бы Яков Ильич не говорил, он, злоупотребляя своим положением председателя, сейчас же возражал. Тогда Леонтович купил намордник и сказал: Я принёс это нашему председателю на тот случай, если будет выступление Френкеля, чтобы он им воспользовался» [Там же].

Ландау ничего не мог с собой поделаться: Френкель раздражал его так, что он не мог себя сдерживать. Румер приводит рассуждения Ландау:

«Скажите, а я разве задеваю Френкеля? Он, например, считает, что возможен непрерывный переход жидкости в твердое тело. Ну как же я могу спокойно переносить такие вещи? Что же, Яков Ильич, Вы думаете, что сперва имеется ось симметрии, потом эта ось начинает плавиться, и Вы имеете три четверти оси, половину оси и т. д.?»

И тут же его оправдывает:

«Он много крови испортил Френкелю. Но тот тоже хорош. Видишь, что человек умнее тебя, так не лезь» [Румер, 2013. С. 63].

Как бы то ни было, Яков Френкель, хоть и оказался в гуще событий «революции вундеркиндов», но встать вровень с ее творцами и ему не было дано. Даже понять лекции Борна, как мы видели, он сразу до конца не мог. Зато роль пропагандиста новой науки в СССР он сыграл отменно, несмотря на все нападки и угрозы могущественных идеологических противников теории относительности и квантовой механики. В схватке с матерыми марксистами-консерваторами в конце сороковых – начале пятидесятих годов прошлого века он проявил завидное мужество и стойкость [Френкель, 1991].

* * *

Какие же выводы можно сделать из нашего беглого рассказа? Чтобы стать творцом научной революции, надо вовремя родиться – тут Ландау прав. Но этого мало! Надо иметь дар и подготовку, чтобы, во-первых, уметь осмыслить и использовать новые идеи и методы в науке и, во-вторых, чтобы самому генерировать новые идеи. Такие способности на пустом месте не рождаются – нужна школа. Пример Гёттингена очень показателен.

Юрий Борисович Румер сформулировал предельно чётко: *«История создания квантовой механики показывает, что быстрое развитие науки происходит только там, где име-*

ются сложившиеся научные школы во главе с общепризнанными руководителями, обладающими большим педагогическим талантом. Квантовая механика росла и развивалась в школах Бора и Борна. По сравнению с окружающими их молодыми людьми Бор и Борн были учёными старшего поколения. Несмотря на глубокое отличие друг от друга, они одинаково хорошо умели дружить со своими учениками, помогать им в трудных первых шагах и поддерживать в минуты упадка сил и веры в себя» [Румер, 2013. С. 560].

В России в начале XX века школы теоретических физиков практически не было. Без школы можно надеяться только на чудо: вот Ландау и Эйнштейн выросли на самообразовании, без явного научного руководителя. Но это, скорее, исключение из правил. Важно ещё, чтобы теоретикам не угрожали (Яков Френкель), не сажали их в тюрьмы и лагеря (Лев Ландау, Юрий Румер, Юрий Крутков, Всеволод Фредерикс), чтобы их не расстреливали (Матвей Бронштейн, Владимир Игнатовский)...

Да, ростки, появившиеся в 20-х годах XX века, дали мощные всходы. В СССР возникли сильные школы физиков-теоретиков. Во главе их стояли выдающиеся учёные, которым под силу было участвовать в любых научных революциях: Ландау, Капица, Тамм, Сахаров, Зельдович, Гинзбург и многие другие. Но не забудем: к тому, чтобы сохранить и преумножить тогда отечественные научные кадры, подтолкнула необходимость создания в СССР атомной бомбы.

Сильные школы теоретиков остались и в нынешней России, хотя многие светлые умы уехали за её пределы – фундаментальная наука переживает сейчас не лучшие времена в нашей стране. Но я не удивлюсь, если в новой революции в физике, приближение которой ощущается всё явственней, будут участвовать российские учёные.

Литература

Беркович Евгений, 2017. Революция в физике и судьбы ее героев. Томас Манн и физики XX века. – М.: URSS, 2017. – 240 с.

Беркович Евгений, 2021. Альберт Эйнштейн и «революция вундеркиндов». Очерки становления квантовой механики и единой теории поля. – М.: URSS, 2021. – 328 с.

Гамов Г.А., Иваненко Д.Д., Ландау Л.Д., 1928. Мировые постоянные и предельный переход // ЖРФХО, ч. физ., 1928. Т. 60. С. 13–17 (получено 20 октября 1927 г.)

- Гинзбург В.Л., 1997.** О науке, о себе и о других. 3-е изд., доп. – М.: Физматлит, 2003. – 544 с.
- Горовиц Г.Е., 1928.** Силы лучистого торможения в квантовой механике // *ЖРФХО*. 1928. Т. 60. С. 51–56 (получено 3 октября 1927 г.)
- ИИЕТ, Труды. 2016.** Исследования по истории физики и механики. 2014–2015. – М.: Янус-К, 2016. – 508 с.
- Капица П.Л., 1974.** Лев Давидович Ландау / В кн. Эксперимент. Теория. Практика. – М.: Наука, 1974. С. 210–217.
- Келлер Владимир, 1961.** Сергей Вавилов. – М.: Молодая гвардия, 1961. – 259 с.
- Ландау Л., 1959.** Вольфганг Паули // *УФН*, 1959. Т. LXVIII, вып. 3. С. 557–559.
- Левшин Л.В., 1977.** Сергей Иванович Вавилов. – М.: Наука, 1977. – 432 с.
- Румер Юрий Борисович, 2013.** Физика, XX век. – Новосибирск: АРТА, 2013. – 625 с.
- Рытов С.М., 1996.** В лаборатории колебаний // В кн. Воспоминания об академике М.А. Леонтовиче. / Сост. В.И. Коган, В.Д. Новиков. – М.: Наука, Физматгиз, 1996. С. 40–66.
- Соминский М.С., 1964.** Абрам Федорович Иоффе. – М.; Л.: Наука, 1965. – 644 с.
- Тамм И.Е., 1962.** Яков Ильич Френкель // *УФН*, 1962, Т. LXXVI, вып. 3. С. 397–430.
- Тамм И.Е., 1995.** Из дневников и писем к Наталии Васильевне // *Природа*, 1995. Т. 7. С. 134–160.
- Фок В.А., 1932.** Начала квантовой механики. – Л.: Кубуч, 1932. – 251 с.
- Фок В.А., 1963.** Работы А.А. Фридмана по теории тяготения Эйнштейна // *УФН*, 1963. Т. LXXX, вып. 3, С. 353–356.
- Френкель В.Я., 1970.** К биографии Я.И. Френкеля // *Я.И. Френкель. На заре новой физики.* – Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1970. С. 3–26.
- Френкель В.Я., 1970а.** Юрий Александрович Крутков // *УФН*, 1970. Т. 102, вып. 4. С. 639–654.
- Френкель В.Я., 1974.** Новые материалы о дискуссии Эйнштейна и Фридмана по релятивистской космологии // *Эйнштейновский сборник 1973* / Сост. Франкфурт У.И. – М.: Наука, 1974. С. 5–18.
- Френкель В.Я., 1988.** Александр Александрович Фридман // *УФН*, 1988. Т. 155, вып. 7. С. 481–516.
- Френкель В.Я., 1991.** Жар под пеплом // *Звезда*, 1991. №№ 8, 9.

Френкель Я.И., 1969. Международный физический конгресс в память А. Вольты в г. Комо. // *Яков Френкель, На заре новой физики. Сборник избранных научно-популярных работ.* – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1969. С. 247–258.

Фридман А.А., 1963. О кривизне пространства // УФН, 1963. Т. LXXX, вып. 3. С. 439–446, (впервые опубликована на нем. языке в *Zs. Phys.*, 1922. Bd. 11. S. 377.

Эйнштейн Альберт, 1965. О специальной и общей теории относительности (общедоступное изложение) // *Эйнштейн А., Собрание научных трудов в четырех томах. Том I.* – М.: Наука, 1965. С. 530–600.

Эйнштейн Альберт, 1966. Замечание к работе А. Фридмана «О кривизне пространства» // Там же. Т. II. – М.: Наука, 1966. С. 118.

Эйнштейн Альберт, 1966а. К работе А. Фридмана «О кривизне пространства» // Там же. Т. II. – М.: Наука, 1966. С. 119.

Эйнштейн Альберт, 1967. Памяти Пауля Эренфеста // Там же. Том IV. – М.: Наука, 1967. С. 190–192.

Einstein Albert, 1923. Notiz zu der Bemerkung zu der Arbeit von A. Friedmann. «Über die Krümmung des Raums» // *Zeitschr. Phys.*, 1923. Bd. 16. S. 228.

Einstein-Born. 1969. Albert Einstein, Hedwig und Max Born. Briefwechsel 196–1955. – München: Nymphenburger Verlagshandlung GmbH, 1969. – 329 S.

Falter Jürgen W., 1991. War die NSDAP die erste deutsche Volkspartei? // In: *Nationalsozialismus und Modernisierung* / Eds. Michael Prinz, Rainer Zitelmann. – Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1991. S. 21–47.

Fock V., 1926. Zur Schrödingeschen Wellenmechanik // *Zeitschr. Phys.*, 1926. Bd. 38. S. 242–250 (получено 11 июня 1926 г.).

Fock V., 1926а. Über die invariante Form der Wellen- und Bewegungsgleichungen für einen geladenen Massenpunkt // *Zeitschr. Phys.*, 1926. Bd. 39. S. 226–232 (получено 30 июля 1926 г.)

Frenkel J., 1928. Zur Wellenmechanischen Theorie des rotierenden Elektorns // *Zeitschr. Phys.*, 1928. Bd. 47. S. 786–803 (получено 3 февраля 1928 г.).

Frenkel J., 1928а. Zur Wellenmechanischen Theorie der metalloscen Leitfähigkeit // *Zeitschr. Phys.*, 1928. Bd. 47. S. 819–834 (получено 7 февраля 1928 г.)

Frenkel J., 1928b. Elementare Theorie magnetischer und elektrischer Eigenschaften der Metalle beim absoluten Nullpunkt der Temperatur // *Zeitschr. Phys.*, 1928. Bd. 49. S. 31–45 (получено 28 марта 1928 г.)

Gamov G., Iwanenko D., 1926. Zur Wellentheorie der Materie // Zeitschr. Phys., 1926. Bd. 39. S. 865–868 (получено 19 сентября 1926 г.)

Goenner Hubert, 2005. Einstein in Berlin. – München: Verlag C. H. Beck, 2005. – 367 sincerely.

Hasselhorn Fritz, Weinreis Hermann., 1983. Göttingen's Weg in den Nationalsozialismus, dargestellt anhand der städtischen Wahlergebnisse // Göttingen unterm Hakenkreuz / Eds. Jens-Uwe Brinkmann, Hans-Georg Schmeling. – Göttingen: Stadt Göttingen, Kulturdezernat, 1983. – 167 S.

Iwanenko D., Landau L., 1926. Zur Ableitung der Klein-Fockscen Gleichung // Zeitschr. Phys., 1926. Bd. 40. S. 161–162 (получено 8 октября).

Iwanenko D., Landau L., 1927. Bemerkung über Quantenstatistik // Zeitschr. Phys., 1927 г., Т. 42, S. 562–564 (получено 12 февраля 1927 года).

Iwanenko D., Landau L., 1928. Zur Theorie des magnetischen Elektrons. I. // Zeitschr. Phys., 1928 г., Т. 48, S. 340–348 (получено 8 марта 1928 г.)

Kühn Helga-Maria., 1983. Die nationalsozialistische 'Bewegung' in Göttingen von ihren Anfängen bis zur Machtergreifung (1922–1933) // Göttingen unterm Hakenkreuz / Ed. Jens-Uwe Brinkmann. – Göttingen: Stadt Göttingen, Kulturdezernat, 1983. – 293 S.

Landau L., 1926. Zur Theorie der Spektren der zweiatomiger Moleküle // Zeitschr. Phys., 1926. Bd. 40. S. 621–627 (получено 13 ноября 1926 г.)

Landau L., 1927. Das Dämpfungsproblem in der Wellenmechanik // Zeitschr. Phys., 1927. Bd. 45. S. 430–441.

Mandelstam L., Leontovich M., 1928. Zur Theorie der Schrödingerschen Gleichung // Zeitschr. Phys., 1928. Т. 47, S. 131–136 (получено 15 декабря 1927 г.)

Rumer G., Heitler W., 1930. Quantenchemie mehratomiger Moleküle // Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Math.-Phys. Klasse, 1930. Bd. 3. S. 277–284.

Rumer G., Teller E., Weyl H., 1932. Eine für die Valenztheorie geeignete Basis der binären Vektorinvarianten // Ibid, 1932. Bd. 5. S. 498–504.

Schaaf Michael, 2018. Heisenberg, Hitler und die Bombe. Gespräche mit Zeitzeugen. – Diepholz; Berlin: GNT-Verlag, 2018. – 64 S.

Tamm I., 1926. Zur Quantenmechanik des Rotators // Zeitschr. Phys., 1926. Bd. 37, S. 685–696 (получена 23 апреля 1926 г.)

А.В. Кессених

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

ИДЕОЛОГИЧЕСКИЕ «РАЗБОРКИ», СОВЕТСКИЙ АТОМНЫЙ ПРОЕКТ И ВЫСТУПЛЕНИЕ КОМСОМОЛЬЦЕВ ФИЗФАКА В 1953 Г.

1. Введение

В октябре 1953 г. на физическом факультете МГУ в новых зданиях на Ленинских горах произошло необычное для научного сообщества физиков СССР, да и для советского общества в целом, событие. Молодёжь физфака, объединённая в факультетскую организацию ВЛКСМ, в лице своих представителей, избранных на IV отчётно-выборную комсомольскую конференцию факультета (далее «IV конференция»), дерзнула строго официально (и почти безнаказанно) поднять голос против научно-педагогической политики администрации физфака. Выступление имело каноническую организационную форму: публичная критика действий администрации и педагогического процесса на заседании конференции, работа выбранной комиссии над текстом обращения в ЦК КПСС, принятие на конференции письма в ЦК (далее «Письмо»). На счету тогдашней администрации факультета, имевшей солидную поддержку некоторых кругов ректората МГУ, в предыдущие годы значились такие «достижения» как устранение с факультета ведущих учёных из АН СССР: М.А. Леонтовича, И.Е. Тамма, В.А. Фока, Г.С. Ландсберга, С.Э. Хайкина и др. Прежде всего, именно данное положение подвергалось острой критике. Наряду с этим критиковались факты организационной неразберихи, учебной перегрузки студентов и т. п.

Среди более зрелой части общественности физфака, напротив, были сочувствующие основной идее IV конференции, которую коротко можно было бы сформулировать так: пора что-то менять в учебном процессе, а главное покончить с изоляцией молодёжи факультета от влияния самых передовых учёных страны. Однако решиться на такое выступление тем, кто пережил 1937–1938 и 1948–1952 гг., было не

просто. Ведь главное своё достижение верхушка администрации как раз и видела в устранении влияния на молодёжь названных выше учёных, клеймя их как «идеалистов» и «космополитов» (сюда же причислялись Л.Д. Ландау, В.Л. Гинзбург и другие, которых также не подпускали к физическому факультету). Для того чтобы назвать, наконец, вещи своими именами, понадобился целый ряд факторов, из которых главным был патриотизм и энтузиазм комсомольской молодёжи, то что Ю.В. Гапонов с соавторами назвали в своё время «*задором молодости*» [1].

Этот задор был подкреплён специфическим опытом бывших студентов физико-технического факультета МГУ (далее «физтехи»), переведенных после ликвидации последнего в 1951 г. на физфак. Физтехи прошли на первых курсах обучения через общение с такими корифеями, как П.Л. Капица, Л.Д. Ландау и их непосредственными учениками. Низкий уровень отдельных преподавателей Физфака шокировал бывших студентов Физтеха, имевших опыт общения с преподавателями академических школ. Да и организация обучения в своё время была на Физтехфаке поставлена лучше, чем на Физфаке.

Задор зелёной молодёжи подкреплялся зрелостью бывших фронтовиков. В 1950–1952 гг. была проведена массовая демобилизация участников войны 1925 и 1924 гг. рождения, в первую очередь, окончивших с отличием среднюю школу [сообщение Н.К. Бухардинова, которого та демобилизация коснулась – *А.В.К.*]. Представители этого славного поколения (как правило, члены КПСС) составили, по нашим оценкам, около 5% тогдашних студентов физфака, а благодаря своему авторитету среди молодёжи были широко представлены на IV конференции. Высокая ответственность за своё дело, была выработана их жизненным опытом. Понимание того, что руководящая роль партии – это роль каждого члена КПСС на своём месте, а не только роль руководящей верхушки (что, конечно, противоречило негласным установкам партийной бюрократии), делало таких молодых коммунистов серьёзными противниками демагогии, под прикрытием которой велась упоминавшаяся выше борьба против идеализма и космополитизма. А ведь успехи в идеологических расправах ставились тогда порой выше реальных достижений.

И, наконец, совершенно очевидно, что это событие (IV конференция) могло произойти именно в уникальный промежуток времени непосредственно вслед за смертью И.В. Сталина. Новая власть в известной степени переживала

приступ либерализации, а авторитет физического сообщества неизмеримо вырос в связи с успехами Атомного проекта СССР. К тому же только что (в сентябре 1953 г.) студентов и преподавателей приняли новые здания МГУ. Это ощущалось и студентами и сотрудниками МГУ как прорыв в светлое будущее, где нужно покончить со всеми недостатками и в организации обучения.

Рассказ о ходе и результатах IV конференции был опубликован в [1] и ремейк этой статьи в [2], а сама конференция справедливо рассматривалась там как социальное эхо Атомного проекта СССР, обострившего у будущих отечественных физиков-профессионалов чувство ответственности за судьбу страны и мира.

Ряд обстоятельств побуждал нас снова и снова обращаться к теме «*студенческого бунта*» на физфаке 1953 г.

Необходимость включить это событие в более детальную и развёрнутую хронику, то есть рассмотреть последовательность и причинно-следственную связь серии событий, в ряд которых вписывается IV конференция, была учтена в наших публикациях [3, 4]. События эти связаны с противостоянием университетских и академических физиков на фоне, с одной стороны, развёртывающихся в стране идеологических разборок и, с другой стороны, успешного развития работ Атомного проекта. Завершилась цепь рассматриваемых событий постановлением ЦК КПСС от 5 августа 1954 г. о реорганизации физического факультета МГУ [5] (См. также книгу Сонина [6]). Однако в приведённых выше ссылках недостаточно отражены персональные характеристики участников выступления 1953 г. Кроме того, в 2012 в Интернете появился довольно развёрнутый и ценный материал (датированный 2009 г.), который можно рассматривать как профессиональный социологический «взгляд со стороны» на IV конференцию [7]. Эту статью следует включить в историографию событий, связанных с Конференцией. Материал этот сопоставляет возможности критических выступлений студентов в 2007 (т. н. ОД-групп на факультете Социологии МГУ им. Ломоносова) и IV Конференции 1953 г. на Физфаке. Статья сотрудника Европейского университета Санкт-Петербурга О. Журавлёва содержит важные и серьёзные оценки, основанные на интервью с некоторыми наиболее активными участниками IV Конференции. В то же время, в ней допущена фактическая ошибка: парторга 3-го курса автор ссылки считает парторгом 5-го курса и удивляется, почему комсорг и парт-

орг одного курса не знали друг друга. Автор настоящей статьи не только сам участвовал в работе IV Конференции, но и также интервьюировал Н.К. Бухардинова, изучал интервью с В.Д. Письменным и воспоминания В.Г. Неудачина, лично знал Ю.А. Трояна и В.Г. Гришина (см. о всех упомянутых ниже в разделе «Персоналии»). Не составило труда распознать, кого именно имеет в виду О. Журавлёв, хотя по непонятным нам причинам последний не называет имён «парторга» и «комсорга». Это заставило нас снова вернуться к теме и раскрыть некоторые персоналии, анонимно упомянутые в [7], что, по нашему мнению, необходимо и позволяет полней оценить итоги Конференции. Добавим, что автор ссылки [7] недооценивает с подачи некоего респондента (также анонимного, возможно, тогдашнего студента 3-го курса И.Ф. Гинзбурга, см. [8]) роль будущих комсомольских секретарей Физфака, которые, в частности, сыграли ключевую роль в ходе Конференции (В.Д. Письменный и В.Г. Неудачин). Своими выступлениями и работой над текстом Письма выделялись парторг 3-го курса Н.К. Бухардинов и студент 5-го курса «физтех» В.Г. Гришин, а также председатель комиссии по составлению Письма комсорг одного из двух потоков 5-го курса – Отделения строения вещества, – Ю.А. Троян. Мы позволили себе также уделить место личным воспоминаниям автора, также участвовавшего в написании Письма. После этих предварительных замечаний переходим к основному содержанию работы.

2. Взаимодействия и противостояния. Физфак МГУ – АН СССР

Начнём с материала нашей работы [3], без воспроизведения которого невозможно понять причины, ход и последствия IV конференции 1953 г.

Нет ничего естественней противостояния физиков старейшего образовательного центра и учёных ведущих исследовательских центров страны. И, тем не менее, противостояние возникло еще тогда, когда такие выдающиеся физики как Л.И. Мандельштам и некоторое время С.И. Вавилов одновременно работали в ФИАНе и на физфаке МГУ. Несколько профессоров физфака никак не хотели смириться с торжеством квантовой и релятивистской теорий. Ряд других пытались использовать невежественное философствование и факты политических репрессий против некоторых передовых физиков для шельмования лидеров современной

физики как оторванных от практики социалистического строительства, идеалистов, космополитов, наконец, как врагов советской власти. Но с 1938–1939 гг. усилиями лидеров советской физики ситуация менялась.¹⁾ До верхов удалось постепенно донести мысль, что именно на горизонте ядерной физики замаячили грандиозные открытия, обещающие новые неслыханные источники энергии. Роль новых теорий физики стала вырисовываться всё очевиднее. Именно с этого момента начнём *«Хронику взаимодействий и противостояний»*, в цепь которых, разворачивавшихся на фоне идеологических разборок и развертывавшегося сначала так называемого Уранового, а затем Атомного проекта, и вошла IV конференция. Некоторые события потребуют известных комментариев. Включенные в хронику события и их датировка описаны в ряде работ [1, 4, 6–12] и особенно [13], в которых использованы архивные и другие источники, которые мы здесь не станем перечислять.

Хроника взаимодействий и противостояний

Ноябрь 1938 – По записке ФИАН «Об организации работ по исследованию атомного ядра при Академии наук СССР» – в постановлении Президиума АН указана необходимость открытия соответствующего направления на физическом факультете (ФФ) МГУ (С.И. Вавилов и др.).

04. 12.1938 – Письмо в редакцию Правды по поводу Высшей политехнической школы – ВФПТШ (идея Физтеха) (С.А. Христианович, П.Л. Капица и др.).

11.06.1940 – Открытие Кафедры «Атомное ядро и радиоактивность» на ФФ МГУ (Д.В. Скобельцын), согласно приказу от 26.03.1940.

Июнь 1941 – Первый выпуск Кафедры «Атомное ядро и радиоактивность» на ФФ МГУ.

Осень 1943 – Курс лекций по теории атомного ядра на физфаке читает Д.В. Скобельцын.²⁾

¹⁾ Когда статья [3] сдавалась в печать, в Интернете появился материал Архива АН СССР и Вл.П. Визгина, доступный по запросу «Атомная эра. Вклад Академии наук».

²⁾ Как видно, ситуация начала меняться. Препятствия внедрению новой физики на ФФ МГУ пытаются преодолеть разными путями: создать на новых принципах независимую ячейку физического образования (П.Л. Капица и др.), с одной стороны, и внедрить новую физику в программы и учебный процесс самого ФФ МГУ, с другой (С.И. Вавилов, Д.В. Скобельцын и др.).

Далее грянула Великая Отечественная война, которая прервала естественное развитие событий. Казалось бы, наступивший к 1944 г. перелом в ходе войны должен был вернуть процесс на круги своя, но консервативная верхушка физфака, воспользовавшись эвакуацией академиков и университетских физиков в разные города и различными сроками их реэвакуации, решила полностью захватить власть на факультете. Правда, в отношении кафедры «Атомное ядро и радиоактивность» (КАЯР) этого сделать не удалось. На ФФ МГУ эта кафедра заняла особое положение, находясь под покровительством руководства Атомного проекта. Об отношениях тогдашнего руководства физфака с руководством проекта говорит тот факт, что лишь через год с лишним после начала работ по Атомному проекту первый выпускник физфака МГУ был взят на работу Курчатовым. Известна обструкция, которую устроили на физфаке в 1944 г. сначала И.Е. Тамму, а затем В.А. Фоку [6, 8]. Академики сразу забили тревогу, но руководители физфака имели хорошую поддержку в ректорате и, видимо, (с 1948 г.) в партийных и государственных верхах. См. далее.

22.05.1944 – *Первый из бывших выпускников физфака МГУ (В.С. Фурсов, будущий декан ФФ) привлекается к работе над атомным проектом под руководством И.В. Курчатова.*

1944 – *Неизбрание заведующим кафедрой теорфизики ФФ МГУ И.Е. Тамма, а затем обструкция назначенного на этот пост В.А. Фока.*

11.07.1944 – *Письмо академиков во главе с П.Л. Капицей, инициированное обращением В.А. Фока о неблагоприятном положении на ФФ МГУ от 05.07.1944.*

19.10.1944 – *Обращение А.Ф. Иоффе по поводу подготовки кадров физиков с упоминанием неблагоприятия на ФФ МГУ.*

Ноябрь 1944 – *И.В. Курчатов зачислен по совместительству профессором МГУ и организована лаборатория атомного ядра при КАЯР во главе с В.С. Шпинелем.*

25.02. 1945 – *Постановление ГКО № 7572сс/ов «О подготовке специалистов по физике атомного ядра» в котором предписывалось ФФ МГУ выпустить в 1945, 1946 и 1947 гг. соответственно, 10, 25 и 30 специалистов по физике ядра.*

30.08.1945 – *Передача Московского Механического Института (ММИ) в распоряжение Первого главного управления (ПГУ) по атомному проекту. Создание инженерно-физического факультета в Московском механическом ин-те*

(А.И. Лейпунский, Л.А. Арцимович, М.А. Леонтович, М.Д. Миллионщиков и др. положили начало организации МИФИ.)³⁾

Неоднократно в 1944–1945 – Секретарь парткома МГУ В.Ф. Ноздрев обращается с письмами в ЦК ВКП(б) о необходимости борьбы с засильем «еврейской молодёжи» и идеалистических и антипатриотических учёных в МГУ.

28.01.1946 – Организация НИФИ-2 (Институт физики атомного ядра) при ФФ МГУ. План выпуска для ПГУ 70–80 чел. в год (директор – Д.В. Скобельцын).

10.02.1946 – Начало занятий на инженерно-физическом ф-те ММИ.

10.03.1946 – Постановление об организации ВФПТШ – будущего МФТИ. (Оно, впрочем, ещё восемь месяцев не получало развития, а практически было реализовано почти через полтора года).

20.09.1946 – П.Л. Капица в связи с разногласиями с Л. Берия отстранён от должности директора ИФП.⁴⁾

25.11.1946 – Постановление об организации физико-технического факультета МГУ (проректор С.А. Христианович).

10.07. 1947 – 01.09.1947 – Первый приём на Физтех-фак МГУ (120 человек, из которых около 60 по специальностям Атомного проекта).

17. 12. 1948 – Постановление СМ СССР № 4638-1815сс «О подготовке высшими учебными заведениями специалистов для ПГУ». План выпуска для ПГУ на 1949, 1950 и 1951 гг. (760, 1210 и 1315). Дана раскладка по 16 ВУЗам и 22 факультетам, а также по узким специализациям. В МГУ – выпуск физиков по 7 специальностям общим числом по годам 110, 130 и 145 человек.

³⁾ Наряду с последовательными шагами по внедрению специальностей кафедры «Атомное ядро и радиоактивность» на ФФ МГУ руководство Атомного проекта отдаёт приоритет созданию новых образовательных учреждений для обеспечения проекта специалистами.

⁴⁾ Обстановка развивается самым противоречивым образом. При явном стремлении руководящей группы физфака окончательно освободить ФФ от «нежелательного элемента» руководство МГУ настойчиво развивает преподавание физики атомного ядра и радиоактивности на физфаке (создание НИФИ-2). При очевидном формировании ядерно-академического союза (по Вл.П. Визгину [13]) отстраняется от руководства один из ведущих физиков страны академик Капица.

28.12.1948 – Начало заседаний Оргкомитета предполагаемого совещания «по преподаванию физики».

20.01.1949 – Постановление СМ № 303-104сс «О мерах неотложной помощи Министерству высшего образования СССР по подготовке кадров для ПГУ, где предполагается создание автономного института – Физтеха в Долгопрудном.

Январь 1949 – Репетиция Всесоюзного Совещания по физике продолжается.⁵⁾

⁵⁾ Близился момент истины для Атомного проекта СССР. Требования к подготовке специалистов огромны, физфак явно не может с ними справиться, пока ориентация на ММИ (МИФИ) и вновь созданный Физтех. Но и задание для НИФИ-2 резко возрастает. Между тем консервативная группировка, заседавшая на физфаке, гнёт свою линию.

В статье [1] указывалось: «Официально борьба консервативного (физфак) и прогрессивного (Академия) направлений шла вокруг все тех же теоретических проблем: релятивистской теории А. Эйнштейна, боровской интерпретации квантовой механики, теории гравитации, гамовской теории первого взрыва и фридмановской модели расширяющейся галактики. В эту борьбу вплетаются элементы “борьбы с космополитизмом” и “классовым” буржуазным подходом, за признание приоритетов русских ученых, за признание авторитета основополагающих трудов Энгельса и Ленина. Подспудно же – это борьба за контроль над утверждающейся новой физикой – новыми направлениями, к которым в частности относится и Атомный проект. С 1942 г. здесь руководящую роль играют ученые школ А. Иоффе и Н. Семанова, позже к ним присоединяется ФИАН – школа И. Тамма. Однако Берия, несомненно ознакомленный с внутренней борьбой физиков между собой, в сентябре 1945 г. приглашает в отдел П.А. Судоплатова физиков с физфака МГУ, в частности, Я.П. Терлецкого (см. [15]). Среди вызванных на собеседование кандидатов присутствуют Ф. Королев, М. Карасев. В 1949 г. на физфаке, при НИФИ-1 создается так называемая “ядерная лаборатория” под руководством А.П. Знойко, в виде явного противовеса лабораториям автономного от НИФИ-1 института НИФИ-2 под руководством Д.В. Скобельцына (он же возглавил в 1949 г. ОСВ – Отделение строения вещества физфака [11]). С 1950 г. руководителем теоротдела в Дубне назначается Я.П. Терлецкий. В 1951 г. он отмечен Сталинской премией. Так шаг за шагом школа физфака МГУ приближается к ядерной тематике, чтобы претендовать на руководство ею в случае победы в “идеологической” борьбе. Ученые школы Иоффе и ФИАНа понимают это, и поэтому противостояние их и группировки физфака МГУ особенно обостряется в 1951–1952 гг.».

Предполагаемое всесоюзное совещание физиков грозит «лысенкованием» физики по образцу сессии ВАСХНИЛ 1948 г. Как пишет в дневнике [16] С.И. Вавилов:

22.01.1949 – *«На Моховом болоте (то есть в МГУ) готовятся к атакам...»*.

И, тем не менее, прагматики торжествуют, хотя реакционеры неистовствуют.

16.03.1949 – *Совещание по физике откладывается на неопределённый срок.*

Середина марта 1949 – *Письма профессоров ФФ Ф.А. Королёва, Н.С. Акулова: «Навести порядок в физике!»*.

12.04. 1949 – *Решение о закладке новых зданий МГУ.*

07.05.1949 – *Постановление СМ СССР № 1846-673сс «О создании новых учебных заведений для подготовки специалистов Первому главному управлению при Совете Министров СССР – здесь предполагается оставление Физтехфака в МГУ.»⁶⁾*

Январь 1950 – *Устранение П.Л. Капицы с Физтехфака.*

01.08.1950 – *Письмо-донос замдекана Физфака Ф.А. Королёва Г.М. Маленкову о «порочных идеях» и «сомнительных кадрах» Физтехфака.*

04.09.1950 – *От преподавания на Физтехфаке приказом проректора Г.Д. Вовченко отстранены Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц.*

Стоит обратить внимание на махрово-реакционную позицию В.Ф. Ноздрева, тогда игравшего не последнюю роль в партийной организации ФФ МГУ и всего МГУ. Приведем цитату из одного его писем (1945 – 1946 гг.) на имя А.А. Жданова (цитируется по сборнику «Москва послевоенная» по сообщению редакции сборника [14]):

«Современная обстановка требует от нашей партии не уступок некоторым ученым в надежде, что они создадут атомную бомбу, а непримиримости ко всяким отступлениям от марксизма-ленинизма, ибо это оружие сильнее любой бомбы».

⁶⁾ Далее. Оправившись от афронта с Всесоюзным совещанием, реакционная группировка ряда сотрудников ФФ и ректората МГУ вновь наносит удар за ударом. Теперь уже по Физико-техническому факультету. Отдел науки ЦК ВКП(б) в отличие от 1945 г. поддерживает демарши консервативной физфакской группировки. Главным источником кадров для атомного проекта остаётся ММИ (см. ниже), но в недрах ФФ МГУ крепнет Отделение строения вещества.

01.08.1951 – Записка Отдела науки ЦК Г.М. Маленкову о «наведении порядка в физике», в частности об устранении А.Ф. Иоффе и П.Л. Капицы.

1951 – Введено в действие постановление о сосредоточении подготовки инженеров-физиков в ММИ (будущий Московский инженерно-физический институт).

Сентябрь – октябрь 1951 – Перевод студентов 2 – 4 курсов специальностей Отделения строения вещества физтехфака на ФФ МГУ и организация МФТИ без специальностей «ядерная физика» и т. п.

11.06.1952 – Письмо ректора МГУ И. Г. Петровского к Л.П. Берии о неблагоприятии на ФФ МГУ и о необходимости кадровых перестановок на факультете.

1952 – Постановлением Совета Министров СССР созданы отделения будущего МИФИ в Челябинске-65, Свердловске-44, Свердловске-45, Арзамасе-16.

01.09.1953 – Открытие новых зданий МГУ

В ходе Советского Атомного проекта наступает важнейшая стадия широкого развёртывания работ над водородной бомбой. И вот мы подходим к моменту, когда критика действий руководства ФФ прозвучала вслух и строго официально, причём сначала со стороны студентов. См. ниже.

Октябрь 1953 – Критика положения на ФФ МГУ со стороны делегатов IV отчётно-выборной конференции ВЛКСМ факультета. В результате трёх заседаний составлено и передано письмо в ЦК КПСС о недостатках в учебно-воспитательной работе.

27.10.1953 – ММИ переименован в МИФИ.

08.11.1953 – XII партконференция МГУ с критикой итогов IV конференции ВЛКСМ ФФ, письма профессоров Физфака А.А. Соколова – Ф.А. Королёва и В.Ф. Ноздрева Г.М. Маленкову.

11.11.1953 – Партком МГУ подверг критике выступление комсомольцев против порядков на ФФ МГУ, обвинив их в антипатриотических, антипартийных настроениях. Соответствующее постановление принято по докладу Г.Д. Вовченко.

12.11.1953 – «Письмо четырёх» (П.К. Пономаренко, А.Н. Несмеянов, В.А. Малышев, М.В. Келдыш) с предложениями о реорганизации ФФ МГУ.

12.12.1953 – Создание комиссии ЦК под руководством В.А. Малышева для проверки работы физфака.

Декабрь 1953 – апрель 1954 – Преследование Парткомом и ВУЗкомом ВЛКСМ МГУ участников конференции под разными предлогами (радиопередачи по сети МГУ, чтение поэмы «Евгений Стромынкин» и т. д.).

05.08.1954 – Постановление СМ и ЦК о реорганизации ФФ МГУ. Королёв отстранён, Ноздрев – устранён с факультета (см., например, [8. С. 282–285]).

Декабрь 1954 – Комсомольская организация ФФ МГУ добивается в МВО адекватной записи специальности в дипломе выпускника «ФИЗИК».

О последней серии событий (сентябрь 1953 – сентябрь 1954 гг.) следует рассказать особо. Это попытки дезавуировать выступление студентов (партконференция, партком МГУ). И тут появляется заявление авторитетных руководителей науки, опирающихся на мнение ведущих учёных. Руководство ФФ обескуражено, но не оставляет попыток дискредитировать комсомольский актив факультета. Ищутся и находятся причины, по которым активным участникам IV конференции ВЛКСМ ФФ объявляются партийные или комсомольские (и даже административные) взыскания. Это, в частности, распространение и чтение «антипатриотической» поэмы «Евгений Стромынкин» тогда неизвестного автора (Герцена Копылова).

В этой поэме сатирически образно описана картина идеологического семинара на физфаке 1948–1949 гг. и даны меткие карикатурные характеристики лидеров консервативного крыла физфака, так что не остается сомнений в реальной позиции студенчества и его крайне скептическом отношении к происходившим на его глазах «политико-философским» баталиям.

*Мы отвлеклись в своей прогулке,
А в это время семинар
Не клал на свой язык охулки,
Грозь махизма семенам,
Идеализма пни корчужа...
А, впрочем, хватит! Не хочу я
Касаться липких этих тем...
Скажу лишь вот что: тьму проблем
Гоняли в жарких словопрениях:
Что глуп Эйнштейн, вредитель – Бор,
А физик – не макроприбор,
А социальное явление;*

*И осветив, пошли домой.
А тьма, так и осталась тьмой!..» [17. С.104].*

В.Р. Карасику⁷⁾ было предъявлено неофициальное обвинение в том, что он подвергся чуждому влиянию со стороны Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица, посетивших его в новом здании МГУ (см. ниже). На парткоме МГУ 11 ноября 1953 г. по теме «О состоянии и мерах идейно-воспитательной работы на физическом факультете МГУ» выступил проректор Вовченко. Цитируем материал заседания [18]: «...Среди части комсомольцев физфака имеет место нездоровое отношение к руководящим факультетским и университетским органам, – заявил Вовченко, – что, в частности, выразилось в противопоставлении комсомольской организации партийному бюро факультета, игнорировании партийного комитета МГУ, огульном охаивании организации всего учебного процесса, а также работы отдельных профессоров и преподавателей».

Из стенограммы этого же заседания: «...До каких пор у нас студентов будут воспитывать на учебниках Паули, Дирака, Ферми?.. Это письмо от имени этого собрания в ЦК партии – событие из ряда вон выходящее! Каким образом комсомольская организация физфака пришла к желанию послать письмо в ЦК партии непосредственно, через головы всех вышестоящих организаций?.. Кто держал влияние на комсомол в своих руках? Очевидно, чуждые люди...» [18]. Далее следовали обвинения в адрес Ландау...

Из Постановления парткома МГУ от 2 декабря 1953 [19]: «...партийный комитет устанавливает, что политически неправильное выступление члена КПСС тов. Карасика на заседании партийного комитета... не является случайным, а отражает взгляды и настроения некоторых комсомольцев, что, в частности, нашло свое выражение в том что... стало возможным хождение среди некоторой части комсомольцев стихотворения “Евгений Стромьинкин”, многие строки которого носят яркий антипатриотический, идеологически вредный характер. Например, глубоко патриотичный рассказ Лескова... объявляется борьбой за “приоритет наш в ловле блох” (в поэме “в ковке блох”. – А.В.К.). Стихотворение является ничем неприкрытой по-

⁷⁾ Владимир Романович Карасик – член КПСС, участник войны, впоследствии д.ф.-м.н., сотрудник ФИАна.

пыткой протаскивания и проявления идеологически вредных, антипатриотических взглядов. Многие ученые представлены в карикатурном виде с издевательскими характеристиками...»

Решение парткома МГУ активизировало поиски и преследования «зачинщиков». Упомянувшийся секретарь комсомольского бюро 4 курса В. Карасик был обвинен в политической неблагонадежности и непонимании вопросов взаимоотношения партии и комсомола, за что ему был вынесен выговор по партийной линии. Один из авторов и инициаторов письма – В. Гришин (беспартийный), получил строгий выговор по административной линии. Кстати, письмо в ЦК рассматривалось консервативной частью руководства и в дальнейшем как преступление, не имевшее у значительной части руководства парторганизации МГУ и ФФ срока давности. Даже в случае, когда очередной мнимый или действительный промах одного из участников комиссии или президиума не имел ничего общего с их участием в Конференции, определенная часть руководства давала понять «виноватому», что за ним еще одна непрощённая вина. В 1956 г., например, В. Неудачину напомнили (не в первый и не в последний раз) и эту вину, когда объявляли ему выговор за некритическое отношение к выступлениям студентов по поводу венгерских событий (см. в разделе «Персоналии»).

Услужливые представители администрации с самого начала ищут всяческие поводы, чтобы как-то «наказать» студентов за отправленное письмо, в связи с их якобы участием в некоторых предосудительных действиях (схема наказания широко распространенная в те годы). Таким удачным побочным поводом для гонений на студентов стали так называемые «противозаконные радиопередачи» по местной радиосети нового здания МГУ. Физики, поголовно помешанные в те годы на радиолюбительстве, при переезде в общежития нового здания быстро обнаружили, что электродинамическую теорему взаимности можно применить к радиосети МГУ. Хотя физики запускали по сети только 40-ую симфонию Моцарта и некоторые другие классические музыкальные произведения (да еще пару танцевальных мелодий), их наказали, когда выяснилось, что среди участников передач есть делегаты конференции. Впрочем, комсомольские выборные органы крайне вяло реагировали на попытки консервативных членов парткомов устроить по разным поводам руками

комсомольских бюро «погромы» среди авторов письма. В результате виноватым достаточно формально объявили выго-ры по комсомольской части и нескольких сняли с выбор-ных общественных должностей.

Большинство коммунистов партийной организации ФФ МГУ в отличие от партконференции МГУ не поддержали стремление отдельных своих руководителей заклеить вы-ступление комсомольцев как антипартийное. Результаты ра-боты комиссии под руководством В.А. Малышева приводят к отстранению от должностей декана А.А. Соколова, замде-кана Ф.А. Королёва и устранению с ФФ МГУ двух наиболее одиозных фигур: профессоров В.Ф. Ноздрева и Н.С. Акуло-ва. Как последнюю попытку «наказать» студенчество ФФ МГУ следует вспомнить инициированную уже в 1954 г., по-видимому, кругами ректората попытку изменить запись в дипломе выпускника физического факультета (90% выпу-скника факультета шли в НИИ и КБ) на «физик, с правом преподавания в средней школе». В многочисленных инстан-циях вплоть до Министерства высшего образования комсо-мольская организация отстояла простую и убедительную за-пись «физик». Большую роль в этом сыграли комсомоль-ские секретари потоков тогдашнего 6-го курса И.Г. Аюпян и Д.А. Журавлёв. Память о Письме и Конференции долго сохранялась на Физическом факультете. Бюро ВЛКСМ ФФ МГУ, к сожалению, не сохранило в своих архивах протоко-лов IV конференции. В порядке «борьбы с бюрократией» значительная часть архива бюро ВЛКСМ физфака была сожжена в 1958 г. Зато сохранилось немало участников со-бытия, поделившихся позже своими воспоминаниями. Мате-риалы же партийных конференций МГУ и протоколы засе-даний партбюро МГУ сохранились и частично попали в рас-поряжение известного общества «Мемориал» [18, 19].

3. Итоги и последствия работы комиссии ЦК КПСС и IV конференции

12 ноября 1953 г. в Президиум ЦК КПСС, Г.М. Маленко-ву и Н.С. Хрущеву было направлено письмо, подписанное ми-нистром культуры СССР П.К. Пономаренко, министром сред-него машиностроения В.А. Малышевым, президентом АН СССР А.Н. Несмеяновым и академиком-секретарем Физи-ко-математического отделения АН М.В. Келдышем. На пись-ме имелась помета: «Тов. Хрущев ознакомился 12.XII.53».

Позволим себе процитировать это письмо, где весьма авторитетно подтверждается актуальность выступления IV Конференции:

«Группа ученых: академики Курчатов И.В., Леонтович М.А., Соболев С.Л., Лаврентьев М.А., Фок В.А., Тамм И.Е., Арцимович Л.А., Петровский И.Г., член-корреспондент Мещеряков М.Г. и профессор Блохинцев Д.И. в беседах с нами сообщили о неблагоприятном, по их мнению, положении дел на физическом факультете Московского государственного университета.

При подробном ознакомлении <...> установлено следующее:

1. Научная (и педагогическая – А.В.К. [1]) работа находится на низком уровне <...> Из стен физического факультета МГУ за последние 10 лет не вышло ни одной заслуживающей серьезного внимания экспериментальной научной работы по основным проблемам современной физики <...> В общей структуре факультета отсутствуют кафедры по таким важнейшим и основным разделам современной физики как строение атома, строение атомного ядра, свойства элементарных частиц. Это объясняется тем, что <...> (профессорско-преподавательский) состав в своей подавляющей части не имеет необходимых знаний и опыта для того, чтобы взять на себя руководство преподаванием и исследовательской работой в сколько-нибудь крупных разделах физики.

В течение многих лет физическим факультетом Московского университета управляет беспринципная группа, не представляющих, в значительной своей части, никакой научной ценности работников.

В свое время участники этой группы выжили из Московского университета целый ряд крупных ученых-физиков академиков В.А. Фока, М.А. Леонтовича, И.Е. Тамма, члена-корреспондента С.Т. Конобеевского и других.

В настоящее время эту группу возглавляют заместители декана факультета Ф.А. Королев и Р.В. Телеснин, профессора В.Ф. Ноздрев и Х.М. Фаталиев и активную помощь им оказывает декан факультета А.А. Соколов.

(В ректорате ее поддерживали проректор университета К.А. Салищев и заведующий отделом кадров К.И. Почекутов. – А.В.К. [1]). Эта группа под предлогом борьбы с идеалистическими взглядами, дискредитирует крупнейших ученых на-

шей страны и в то же время поддерживает людей, не знающих современную физику, например инженера А.П. Знойко (заведующего лабораторией №15 физического факультета) (доцента П.И. Шушпанова, изгнанного за склоку из Геофизического института АН СССР, профессора В.Ф. Ноздрева, провалившегося на работе в НИИ-88 Министерства оборонной промышленности. – А.В.К. [1]).

Попытки ректора Московского университета академика И.Г. Петровского привлечь к профессорско-преподавательской работе крупных ученых были встречены этой группой в штыки <...> Необходимо провести следующие меры:

1. Заменить руководство физического факультета МГУ и обновить состав Ученого совета, а также пересмотреть профессорско-преподавательский состав факультета, освободив от работы в Московском университете лиц, мало подготовленных для научной и педагогической работы, а также непосредственно ответственных за создавшуюся на факультете обстановку.

2. Привлечь к профессорско-преподавательской деятельности в университете крупных ученых-физиков, академиков И.Е. Тамма, М.А. Леонтовича, Л.А. Арцимовича, Л.Д. Ландау, А.Н. Щукина, В.Н. Кондратьева, членов-корреспондентов Академии наук СССР И.В. Обреимова, Е.К. Завойского, М.Д. Миллионщикова, М.Г. Мещерякова.

3. Пересмотреть состав кафедр <...>

Предполагаемые мероприятия были разработаны в результате обсуждения создавшегося на физическом факультете Московского университета положения с крупными учеными: академиками И.В. Курчатовым, В.А. Фоком, Д.В. Скобельцыным, А.Д. Сахаровым, И.Е. Таммом, М.А. Леонтовичем, М.А. Лаврентьевым, С.Л. Соболевым, Л.А. Арцимовичем, членом-корреспондентом АН СССР М.Г. Мещеряковым и профессором Д.И. Блохинцевым.

Многие из этих ученых дали согласие включиться в преподавательскую работу на физическом факультете университета.

Товарищ Курчатов в настоящее время находится в отпуске, он полностью согласен с нашими предложениями. Просим одобрить наши предложения» [1. С. 282–285].

В заключении Комиссии нет ни слова о IV конференции ВЛКСМ ФФ, но из него очевидно насколько она оказалась важным событием в жизни физического факультета МГУ и

научного сообщества физиков СССР. Приведённая выше хроника точно указывает на место этого события. Оно не было решающим (как «Письмо четырёх» и Постановление ЦК КПСС от 05.08.1954), но было знаковым, продемонстрировало назревший характер поднятых на Конференции вопросов. Сама возможность такого события определялась атмосферой энтузиазма и патриотизма молодёжи при моральной поддержке здоровой части её более зрелых наставников. Последствия успеха IV конференции важны и особенно подробно рассмотрены в статье Ю.В. Гапонова с соавторами [1]. Стоит отослать читателя к материалам, отражающим историю самодетельного (оперного) творчества физфака [20–22]. Напомним о грандиозной эпопее участия физиков и студентов вообще в движении студенческих строительных отрядов. По мнению Ю.В. Гапонова, высказанному им в одном из выступлений на семинаре в Дубне («Расцвет и закат студенческого самоуправления на физфаке МГУ хрущевского времени (1953–1969 гг.)» ОИЯИ) расцвет студенческого самоуправления на ФФ МГУ в конце 1950-х – начале 1960-х гг. стал результатом IV конференции ВЛКСМ физического факультета МГУ. Когда первоначальный вариант статьи [3] был уже готов к публикации, появилась развёрнутая статья о IV конференции в Интернете [7] (см. ниже в соответствующем подразделе «*Оценки О. Журавлёва*»).

При физфаке МГУ с 1946 г. успешно функционировал Научно-исследовательский институт ядерной физики (НИИЯФ, сначала НИФИ-2) и при нем специальное Отделение строения вещества (ОСВ) для подготовки студентов к работе в Атомном проекте. Отделение имело ряд важных привилегий, в частности, право отбора студентов со второго курса. Во главе Отделения был Д.В. Скобельцын, работавший в ФИАНе и одновременно назначенный тогда же представителем СССР в ООН по вопросам ядерной политики. Молодежь НИФИ-2 и Отделения строения вещества имела большой авторитет у физфаковского студенчества, о чем говорит тот факт, что руководителями комсомола физфака в тот период являются, за одним исключением, представители ОСВ. Вот они: 1949 г. – А.Ф. Тулинов, 1950 г. – В.Г. Шевченко, 1951 г. – В.И. Захаров, 1952 г. – Г.Н. Попков, 1953 г. – Л.С. Корниенко, 1954 г. – В.Г. Неудачин, 1955 г. – Ю.Н. Днестровский, 1956 г. – В.Г. Неудачин, 1957 г. – В.Д. Письменный. Единственное исключение – Ю. Днест-

ровский (кафедра математики). Тем самым общая атмосфера в комсомоле физфака в те годы во многом определяется НИФИ-2 МГУ – НИИЯФом.

Безусловно, Конференция породила высокую самооценку комсомольского актива ФФ, повлияла на рост ответственности студентов за свою учёбу, изменила обстановку на факультете, но важнейшим результатом Постановления ЦК КПСС от 5 августа 1954 г. стало заметное изменение кадрового состава факультета. Длительное время после Постановления на факультете читали лекции Л.А. Арцимович, И.К. Кикоин, Л.Д. Ландау, М.А. Леонтович, И.Е. Тамм, вели занятия их ученики. К сожалению, рецидивы противостояния школ Д.Д. Иваненко, А.А. Соколова, А.А. Власова и академических физиков полностью устранены не были и порою давали о себе знать и впоследствии.

При подготовке статьи мы также посмотрели на событие глазами его участников и бегло проследили их судьбу, влияние на каждого из них участия в конференции. Каждый из респондентов по-своему воспринял ход и последствия студенческих выступлений на IV конференции. Мы увидели внутреннюю готовность их к этим выступлениям, обусловленную их кратким, но ярким жизненным опытом, и вдохновляющее влияние этих событий на всю последующую жизнь его участников. Приведём в пример наши беседы с участником Великой Отечественной войны Н.К. Бухариновым [4], материалы бесед с В.Д. Письменным [23], личные воспоминания автора [24] и воспоминания В.Г. Неудачина [25], материалы сборника «Наш курс» о курсе ФФ выпуска 1955 [26].

Оценки О. Журавлёва

В 2007 г. на Социологическом факультете МГУ произошло нечто, напоминавшее выступление студентов Физфака 1953 г. Определённая группа студентов Соцфака выступила с критикой содержания и организации преподавания на своём факультете. В статье [7], а позднее в публикациях [27, 28] эти два и аналогичные события сравнил с выступлением студентов ФФ 1953 г. сотрудник Европейского университета Санкт-Петербурга Олег Журавлёв. Его определение «*политика аполитичных*» – весьма ёмкое и в какой-то мере приложимо к событиям на ФФ в 1953 г. «*На наш взгляд, студенческий протест 1953 г. не был политическим в смысле*

“большой политики”: фактом, обеспечившим почти единогласное решение комсомольцев донести свою критику до ЦК, было разделяемое большинством студентов представление о недостаточно высоком или даже низком качестве обучения физике на факультете – представление, в большинстве случаев не имевшее явного политического измерения» [7]. Далее Журавлёв приводит несколько оценок преподавания физики на факультете, типичных для его респондентов: «Мы начали понимать, что преподают нам физику плохо, какие-то второстепенные люди.<...> По моему мнению, это получалось потому, что у нас очень крупных ученых среди преподавателей не было, самых выдающихся физиков, которые давали бы именно то, что нужно сегодня.<...> Я вскоре понял, что некоторые из их преподавателей просто малограмотны».

В то же время Журавлёв видит различие в восприятии «бунта» его различными участниками. Анонимный комсорг (автору настоящей статьи как члену комиссии по написанию Письма и сокурснику «комсорга» легко распознать в нём комсорга одного из потоков 5-го курса Ю.А. Трояна) считает, что выступление студентов имело политическую подоплёку и было направлено против ошибочной научно-педагогической практики партийной организации МГУ и ФФ. В то же время анонимный парторг (со всей очевидностью Нур Киямович Бухардинов, парторг тогдашнего 3-го курса) считает выступление студентов не политическим бунтом, а деловой критикой постановки преподавания на ФФ («мы не бунтари, а правдоискатели» [4]). Автор настоящей статьи вполне согласен с этими оценками Журавлёва. Далее можно согласиться с метким замечанием, что демократичность ведения Конференции 1953 г. и отсутствие серьёзной личной заинтересованности её участников в чём-либо кроме исправления ошибок и недостатков научно-педагогической работы на факультете не идут ни в какое сравнение с обстановкой на Соцфаке МГУ 2007 г.

Характеризуя анонимных комсорга и парторга, Журавлёв обращает внимание на их нетривиальные способности и успехи в учении и общественной деятельности ещё до поступления в Университет. Тем самым он подчёркивает незаурядность контингента студентов ФФ 1950-х гг.

Если бы Журавлёв добавил к этому характеристики таких активистов Конференции, как её председатель В.Д. Письмен-

ный и фактический основной составитель текста Письма В.Г. Неудачин – будущих секретарей ВЛКСМ Физфака и впоследствии выдающихся учёных (см. ниже), это обстоятельство стало бы ещё очевиднее.

И, наконец, совершенно справедливо очевидно повторяющее выводы [1] высказывание Журавлёва, что:

«... постановление четвертой комсомольской конференции не было определяющим событием в истории изменений на физфаке МГУ – критика порядков, утвердившихся на физическом факультете, звучала, в первую очередь (и достаточно давно, но накануне создания ядерного оружия особенно остро) со стороны физиков из АН СССР, а также со стороны некоторых преподавателей самого физфака» [7].

Он подчёркивает, что его *«интересует другое: во-первых, сама возможность резкой критики учебного процесса и коллективного выступления против факультетских порядков, причем в институционализированной форме, с опорой на официальные инстанции факультетской, общеуниверситетской и государственной власти; и, во-вторых, попытка со стороны комсомольских активистов, вдохновленных опытом коллективного сопротивления, выстроить систему студенческого самоуправления на факультете в 1950-е–1960-е гг.» [Там же].*

О. Журавлёв также хорошо понимает, что: *«студенты не доверяли своим преподавателям, поскольку могли сравнить преподавание физики с преподаванием математики, которое оценивалось ими на порядок выше, из-за престижа Академии наук и важности для поколения студентов, переживших войну, Атомного проекта, который возглавляли «академические», а не «университетские» физики; также многие студенты имели возможность «попробовать» другую физику, прочитав учебники, фактически запрещенные на факультете, но ходящие по рукам, как, например, учебник С. Хайкина» [Там же].*

Таким образом, в основном мы не видим разногласия между оценками [7] и [1], а также ряда других работ с нашим участием.

4. Персоналии

В.Д. Письменный
Справка

Член-корреспондент РАН (1984), директор Троицкого института инновационных и термоядерных исследований (Московская область). Родился 17 августа 1932 г. в г. Керчи. В 1958 г. окончил МГУ по специальности «физик», доктор физико-математических наук, профессор. Основное направление профессиональной деятельности: физика быстропротекающих процессов в высокотемпературной плазме. Лауреат Ленинской премии (1984) и Государственной премии СССР (1978). Женат, имеет дочь. С 2010 г. проживал с ними в США.



Рис.1.
В.Д. Письменный (2007)

Вячеслав Дмитриевич Письменный.
Интервью 2007 г.

Приводим выдержки из опубликованного нами ранее [23] интервью от августа 2007 корреспондентов прессы города Троицка С. Скорбуна и В. Фурсикова с членом-корреспондентом РАН Вячеславом Дмитриевичем Письменным, тогда уже отставным директором Троицкого филиала ИАЭ (НИЦ «Курчатовский институт»), выдающимся специалистом по физике плазмы. Для составления комментариев к этому интервью автору настоящей статьи (он же публикатор [23]) удалось в 2009 г. провести длительную личную беседу с Вячеславом Дмитриевичем.

С.С.: Вы как-то вскользь упомянули о IV конференции, хотя ее называют «студенческим бунтом 53-го». Что там было? Инициаторов не посадили?

– Как видите, нет. Я же был председателем этой конференции⁸⁾. И с нами ничего не случилось! Конечно же, потому что уже была осень 53-го, а не весна. Процессы, которые шли в стране, мы ощущали очень опосредованно. Только через эхо, которое до комсомола доходило.

⁸⁾ Хотя Письменный был тогда студентом 2-го курса, он уже был опытным комсомольским работником (с Ашхабада, см. ниже) и членом КПСС. Секретарём бюро ВЛКСМ физфака был Геннадий Попков, зам. по оргработе Письменный, зам. по политработе Рэм Хохлов.

В комсомоле я был активным человеком. На первом курсе секретарем бюро курсового, а на втором курсе уже был замом факультетского бюро.

В это время были партийные чистки, кампании, типа лысенковской. По горкому партии Ленинград раньше прошел, это конец 40-х. В начале 50-х – по Москве. В то время была разгромная конференция, направленная против квантовой химии. Но против квантовой физики они не сумели сорганизовать конференцию. А хотели.

– У нас всё было возможно. Просто всё могло быть. Но к Сталину обратились Курчатов, еще там ряд выдающихся ученых... и объяснили ему, что бомба-то на квантовой физике основана. Доказано, что квантовая физика..., хотя в неё не верил даже Эйнштейн и помер неверующим, всё-таки существует. И принцип неопределенности выполняется и т. д.

Так вот, на Конференции с чего началась «драка»? Всё было бы спокойно, если бы секретарь парткома не спровоцировал бучу своей реакцией на критику. Конечно, критика была разносная. Но, разнесли бы и пошли опять учиться.

Критиковать было за что. Действительно, мы были в тяжелом положении. В субботу, в 12 вечера, кончалась практика у нас, такая просто была неурядица всякая организационная, преподавали плохо. А секретарь, выступая, перешел определенную грань и сказал буквально, что мы за вас, щенков, кровь проливали (он фронтовик был, раненый), вам подарок Родина сделала, а вы тут...

Тогда выступает Юра (Нур) Бухардинов. Это мой очень близкий личный друг, до сих пор мы дружим. Он фронтовик, авиатор. Выступает и говорит: «Мы тоже проливали кровь, но мы не для того ее проливали, чтобы теперь прозябать». И вот за ним еще несколько фронтовиков как врезали, и все пошло в разнос. Остановили это дело идеей написать письмо по возвращению на физфак преподавателей и сформировать комиссию. В комиссию по сочинению письма включили также и коммунистов, фронтовиков.

Потом на другой же день пришел ко мне секретарь парткома и инструктор ЦК партии, в общезнание, объяснить, что это неправильно, то, что происходит на конференции. А мы решили на неделю паузу сделать, чтобы написать письмо. И вот эту неделю нас месили со страшной силой. Нас было одиннадцать коммунистов на конференции, в том числе я...

В.Ф.: Вы коммунистом были уже в то время?

– С 9-го класса. Мне еще и 18 лет, честно говоря, не было, но я секретарь школы был, несмотря на то, что это был 8-й класс. [Из-за оккупации Керчи Вячеслав потерял три года учёбы (1941–1943), поступил в 1944 г. сразу в 4-й класс, окончил школу (10 классов) в 1951 г. с опозданием против сверстников на 1–2 года]. С комсомолом была забавная вещь. В Керчи меня в комсомол не принимали, потому что я был в оккупации. В пятнадцать лет я переехал в Ашхабад. Не успел я туда приехать, меня приняли в комсомол сразу. Я, кстати, в пионерах не был из-за войны. В комсомол сразу приняли, избрали секретарём комсомольской организации школы, а потом случилось землетрясение – страшнейшая трагедия – в октябре 48-го года. От нашей школы ничего не осталось, треть ребят только выжила. [Самого Вячеслава завалил рухнувший дом, и его отец, спавший у выпавшей наружу стены, выскочил из под обломков и с помощью соседей спас сына, выжившего за счет небольшого запаса воздуха под опрокинувшимся диваном. Вообще говоря, жилой фонд в Ашхабаде был очень ветхим и совершенно не сейсмостойчивым].

Первый год после землетрясения мы учились в палатках, жили тоже в палатках. Слава Богу, климат там щадящий был. А потом строили своими руками новую школу. Поскольку масса людей погибла, то уже в таком юном возрасте я был в Бюро райкома комсомола и членом горкома ВЛКСМ. Троих нас девятиклассников приняли кандидатами в партию. [Среди выживших одноклассников Письменного был и будущий ректор Туркменского университета, а затем председатель первого меджлиса независимого Туркменистана Сохат Непесович Муратов].

Так вот, в обвинении со стороны администрации было главное, что мы марионетки – сионистские марионетки. Это было главное обвинение, со стороны руководителей факультета и Университета. Было обвинение мне и другим участникам конференции, что вот вы... вы этого не понимаете... ну, вот вы просите, чтобы вернули Тамма, а вы знаете, что родного брата Тамма патриоты французского сопротивления расстреляли в Булонском лесу?!...

Я про Булонский лес-то ничего не знаю. Но то, что расстреляли, производит впечатление. Ну, и в таком вот духе. Но это нас не сломало, хотя нас там прессовали...

С.С.: *Его действительно расстреляли?*

– Я не знаю.¹⁾

В итоге состоялось заседание парткома Университета и нас, коммунистов, одиннадцать человек делегатов, которые все голосовали за это письмо, на этом заседании пытались обязать, чтобы мы это письмо запретили. А методы... Например, у нас был хороший парень, Володя Карасик [Владимир Романович Карасик, участник ВОВ, в дальнейшем доктор ф.-м.н., сотрудник ФИАН. В 1996 г. уехал в США], позднее крупнейший наш специалист по сверхсильным магнитным полям. Володя жил в общежитии, и были у него какие-то личные связи с Е.М. Лифшицем. Лифшиц попросил: «Ну, покажите нам новое здание». И Лифшиц вместе со Львом Давыдовичем пришли, в зонах «Д» и «В» тогда жили, разделись у него в блоке. Мы могли знакомых и родственников провести, но пропуска надо было заказывать.

И он их поводил по зданию. Это совпало с тем периодом, когда мы писали письмо. Так вот, на этом парткоме досталось бедному Карасику за то, что он нелегально, как было сказано, водил по Университету Ландау и Лифшица, которые таким образом, дескать, и руководили через него всеми нами и внушали все эти идеи...

На этом парткоме МГУ нам объясняли, что мы идем по пути троцкистов или ленинградской оппозиции конца 1920-х. Вот комсомол ленинградский в то время поддерживал Зиновьева и Каменева, и мы делаем то же самое. Других штампов придумать не могли.

Мы говорили: «А что? Плохо читают лекции. Мы хотим, чтобы хорошо читали. Мы хотим, чтобы учёные вернулись. Что плохо, что мы хотим?» Нам говорят: «Вот вы такие-сякие, неблагодарные... Вам тут такой рай создали...» (новые здания МГУ). Действительно, это был рай, ничего не скажешь. Но мы хотим, чтобы и образование было соответствующее, и т. д. Тоже были неотразимые аргументы, на са-

¹⁾ Брат И.Е. Тамма Леонид Евгеньевич Тамм (1901–1937) – видный химик, зам. гл. инженера Гл. управления азотной промышленности Наркомата тяжелой промышленности СССР. В октябре 1936 г. был арестован и привлечен в качестве свидетеля на Процесс антисоветского троцкистского центра (23–30 января 1937 года), расстрелян в Москве 28 мая 1937 г. На процессе Булонский лес фигурировал как место встречи другого участника с Л.Д. Троцким. (*Прим. ред.*)

мом деле, с персональной критикой. Например, Вовченко, проректор. Он, говорят, был хороший мужик, но такой вот кондовый чиновник был, очень плохо читал химию. Скучно, занудно. У нас всего-то один семестр этой химии был. И мы ее ненавидели из-за него.

Так он, когда второе заседание было, через неделю, так говорил на конференции: *«Я с вами полностью согласен. Плохой декан? Снимем декана»*. Декан сидит здесь же. Известный ученый был, профессор Соколов, и в физике он отметился очень прилично, заведующий кафедрой теорфизики. *«Плохой проректор? Снимем проректора, – по груди себя бьет. – Но зачем в ЦК писать?»* Потом, когда мы написали все-таки письмо, они сочинили контрписьмо и стали ходить по общежитию и собирать подписи студентов под этим письмом. Это было что-то дикое. Там было написано так:

«Мы, дети рабочих и крестьян, не хотим, чтобы в Университете учились одни... – ну, там слово такое, совершенно антисемитское, – и мы просим Вас не допустить...», – и прочее и прочее. А дальше, я вам честно скажу, что было сделано – ребята им устроили темную, причем такую темную, что они даже жаловаться не решились. Их письмо не состоялось.

И вот мы поехали в ЦК письмо наше отвозить. Ну, думали, вот, нас там примут, все выслушают... А нас послали – вот к окошку, в окошко и сдайте. Как так? Это же лично в Политбюро, Первому секретарю и все такое прочее. Вот сдайте, у нас ничего не пропадает. Сдали. Прошло – никто ничего. Ну, в общем, понятно. Ситуация была очень тяжелая, нервная, непонятно, чья возьмет.

Но другие процессы начались. Потому что всё это было известно и Курчатову, и другим ученым. И они написали свое письмо.

Владимир Германович Неудачин

Справка

Владимир Германович Неудачин (16.07.1928–21.08.2016) – доктор физико-математических наук с 1964 года. Внес большой вклад в развитие ядерной физики и теории ядерных реакций. В составе группы теоретиков НИИЯФ МГУ В.Г. Неудачинным построена микроскопическая теория кластеризации нуклонов в легких ядрах, широко затем подтвержденная в многочисленных экспериментах. Им предсказано (и затем



Рис.2. В.Г. Неудачин
(1970-е гг.)

подтверждено экспериментально в НИИЯФ МГУ) большое конфигурационное расщепление гигантского дипольного резонанса у легких и средних атомных ядер, что было зарегистрировано как открытие. Был предложен и разработан теоретический метод квазиупругого выбивания электронов быстрым налетающим электроном (e , $2e$) из атомов, молекул и твердых тел. Этот пионерский подход позволил непосредственно «увидеть» электронные волновые функции в атомах, молекулах и твердых телах.

В начале 70-х годов В.Г. Неудачин с сотрудниками предложен так называемый Московский потенциал нуклон-нуклонного взаимодействия кварковой природы совершенно нового типа с узлом волновой функции вместо традиционно отталкивающего кора. В 80-е годы им был предложен процесс квазиупругого выбивания мезонов разных типов из нуклонов электронами высокой энергии (несколько ГэВ), что позволяет непосредственно измерять импульсные распределения мезонов в разных каналах виртуального распада $N \rightarrow V + M$ и тем самым детально проверять кварковые модели мезонного облака нуклона.

В.Г. Неудачин подготовил 22 кандидата физико-математических наук. Среди его учеников 6 докторов наук с высокой международной репутацией. Он опубликовал более 200 научных работ и 4 монографии. (См. также [29]).

В этом разделе мы воспроизводим с минимальными изменениями материалы из [24 и 25].

Воспоминания о IV комсомольской конференции Физического факультета МГУ (октябрь 1953 г.)

В феврале 1952 г., окончив физический факультет, я поступил в аспирантуру на кафедру теории атомного ядра и одновременно стал работать в факультетском бюро ВЛКСМ, исполняя обязанности зам. секретаря по политико-воспитательной работе (секретарем был фронтовик Валя Захаров, весьма здравомыслящий товарищ). За время с февраля по сентябрь 1952 г. я разобрался «с верхней точки» в обстановке на факультете, тогда как до этого знал ее снизу, т. е. гораздо беднее.

Это все мне очень пригодилось в сентябре 1953 г., когда по предложению Славы Письменного (который был зам. секретаря факультетского бюро в 1952–53 гг.) IV отчетно-выборная конференция комсомола физического факультета МГУ образовала комиссию, которая должна была во время работы Конференции подготовить письмо в ЦК КПСС с критикой постановки учебного процесса на факультете (этот вопрос, естественно, не был новостью). Я попал в состав этой комиссии, где были также Юра Троян, Саша Кессених, Валя Гришин, Юра Бухардинов, Юра Днестровский, Сережа Краснушкин и другие ребята.

Центральным пунктом письма было то, что ведущие физики страны не преподают на физфаке, нет атмосферы современной науки, учебный процесс характеризуется рутинной и дело построения социализма страдает. Нужно сказать, что хотя на конференцию приехали высокие чины из ЦК ВЛКСМ, было руководство МГУ в лице проректора Г.Д. Вовченко (который, естественно, говорил, что письмо писать незачем, сами решим все вопросы в рамках МГУ), но радикально пресечь нас никто не пытался. Конференция приняла письмо с энтузиазмом, единогласно. На проходившей вскоре отчетно-выборной комсомольской конференции МГУ секретарь вузкома Олег Лапшин отметил в докладе, что IV конференция физического факультета проходила на низком уровне, неэффективно. Я по просьбе нашей делегации выступил в прениях и рассказал, как все было на самом деле. Никогда не забуду того восторга, с которым было встречено мое выступление, глаза девушек-делегаток, сиявшие счастьем (вспомним, как тогда была зажата биология и т. д.).

Только позже мы узнали, что как раз и до и во время описываемых событий ректор МГУ академик И.Г. Петровский, опиравшийся на поддержку лучших, наиболее авторитетных физиков страны (академики И.В. Курчатов, И.Е. Тамм, Л.А. Арцимович, М.А. Леонтович, Д.В. Скобельцын и др.), вёл изнурительную борьбу за оздоровление обстановки на физическом факультете. Это, наверное, было главной причиной того, что зимой 1953–54 гг. на факультете работала комиссия ЦК партии, у нее проходили встречи за закрытыми дверями с заведующими кафедрами. В итоге весной 1954 г. деканом физического факультета был назначен проф. В.С. Фурсов и на факультете стали преподавать

академики Л.Д. Ландау, И.К. Кикоин, М.А. Леонтович, Л.А. Арцимович и другие известные ученые.

Более широко с вопросом о положении на физическом факультете МГУ в те годы можно познакомиться по книге [6] и, например, по статье Г. Горелика в журнале «Знание-сила», № 1, 1998 г. [30]

*Воспоминания секретаря бюро ВЛКСМ Физфака МГУ
в 1954–1955 и 1955–1957 гг. В.Г. Неудачина*

Меня выдвинула в 1954 г. в секретари комсомольская общественность факультета, имея в виду мое активное участие в IV комсомольской конференции 1953 г. (о ней см. выше). Атмосфера комсомольской работы характеризовалась у нас социалистическим духом добросовестности, одушевленности во всех делах, от мелкой рутины до принципиальных решений (через десять лет, в Копенгагене я, *postdoctoral fellow*, с изумлением увидел что-то похожее в повседневной жизни датчан). Никакой оголтелости, политического взвинчивания и окостенения у нас не было. Партбюро факультета (секретарь профессор Б.И. Спасский) занимало, в общем, нейтральную позицию.

В соответствии с традицией, летом 1955 г. я ездил в подшефный колхоз (Можайский район) с бригадой физического факультета. Как отражение возникшей товарищеской атмосферы, на факультете начались широко популярные комсомольские футбольные матчи, вначале после каждого воскресника, а затем каждое воскресенье вообще! Началась также на этой основе несколько позже знаменитая оперная самодеятельность физического факультета.

На отчетной VI конференции в сентябре 1955 г. мою работу в качестве секретаря признали хорошей. На этой работе я нашел мою будущую жену Леру Краснову и нескольких друзей на всю жизнь. После меня секретарем факультетского бюро стал Юра Днестровский, который хорошо развил и продолжил сформировавшуюся линию.

Открою одну деталь. На меня в этот период стали очень ласково смотреть в Ленинском райкоме комсомола г. Москвы (секретарь Юра Келарев). Мне эта среда не нравилась — уж слишком казенно там все было, а главное, я чувствовал, что у меня как у аспиранта хорошо идет теоретическая физика. В итоге весной 1955 г. я сознательно с треском зава-

лил очередной субботник и с таким же треском вылетел из кандидатов в члены бюро райкома, что и требовалось.

Мой второй срок, когда я был секретарем – это 1956–1957 гг.: время венгерских событий и бурной реакции на них в СССР. Все было совершенно иначе, чем раньше. Второй курс выпускает в октябре 1956 г. газету «КОЛОКОЛ», и объявляется, что будет курсовое комсомольское собрание. Ощущается «подземный гул». Я прихожу на курсовое бюро комсомола и спрашиваю, как бюро готовит собрание, по какой теме и кому поручен доклад. В ответ растерянное: «Никто не готовит, предполагается стихийный ход». Я заявляю, что такой разболтанности не будет, пусть бюро с комсоргами, с комсомольским активом формулирует тему и готовит доклад. На том и расстались. Через пять дней мне говорит секретарь курсового бюро Борис Колчев: «Ты знаешь, Володя, мы подумали и решили собрание не проводить». Вот таким маневрированием я спасал организацию от разгрома, и за «беспринципность» получил партийный выговор, который всегда рассматривал как орден.

Летом 1957 г. на заключительном этапе по совету Юры Келарева (см. выше), чтобы провести с толком летние каникулы, я организовал небольшую бригаду комсомольцев (10 человек) и поехал на полтора месяца на целину в подшефный совхоз «Ленинский» Северо-Казахстанской области, где мы строили зернохранилище. Работали мы там хорошо, но мне и в голову не приходило, на какой масштабный государственный уровень можно поднять работу на целине, сделать ее главной задачей комсомола факультета, как это организовал Слава Письменный, который стал после меня в сентябре 1957 г. секретарем факультетского бюро [31]. Я все-таки ориентировал комсомольцев непосредственно на добросовестное вхождение в науку. Каждому своё.

Как некий взгляд назад из сегодняшнего дня могу сказать, что в 50–60-е гг. в стране был социалистический энтузиазм, в 70-е же годы произошла «духовная остановка», потеря подлинных целей, символизировавшаяся совсем пожилым Л.И. Брежневым, а в 80-е годы нарастало массовое разочарование, имел место «тихий закат» социалистического идеала. Но ведь масса прекрасных людей с высокой квалификацией, воспитанных социализмом и сохранивших при этом русскую цивилизацию, как была в стране, так и есть! В этом огромном богатстве наша надежда.

*Личные воспоминания автора (АВК).
Уроки Неудачина и Четвёртой конференции*

В 1953 г. Владимир Германович (Володя) Неудачин был аспирантом и нёс крест члена бюро ВЛКСМ факультета. Уже в 1999 г. он рассказал мне, как попал в аспирантуру. Чья-то небрежность привела к тому, что сектор циклотрона, на котором Володя громоздил свою дипломную установку, был лишен радиационной защиты. Это привело к неожиданному и непривычному для тогдашней советской медицины временному ухудшению его здоровья. Потому-то он не попал в почтовый ящик по атомной оружейной части, а был построен как отличник в качестве теоретика в аспирантуру физического факультета.

Начиналось трудное и замечательное время, расцвет человеческого потенциала советской физики. Отчасти положенные льготы (а что таить, время-то в бытовом смысле было скудное, послевоенное), а в большей степени ныне кое-кому мало понятная романтика познания и служения вовлекали в физику избыток талантливой молодёжи. Молодые таланты зачастую были готовы вкалывать, временами пренебрегая развлечениями и отдыхом, а также и не очень увлекаясь карьерными соображениями. Но многие из них были настолько яркими личностями и настолько способными к науке, что и учебно-научные успехи и даже обязательная в те времена общественная (по преимуществу комсомольская) нагрузка шли у них без задержки и на высшем уровне. А за этим следовала до поры до времени и общественная, с позволения сказать, карьера. Вот таков был и Володя Неудачин. Известно, что он позже сам пресёк свою комсомольскую карьеру в пользу теоретической физики, уклонившись от попадания в райком ВЛКСМ.

Кто жил в это время и был уже в сознательном возрасте, помнят: в январе объявили про «врачей-убийц», 5 марта – Сталин умер, 9 марта – его хоронили. Некоторые активные комсомольцы (не мы с Неудачиным) в апреле захотели «сталинским призывом» пойти в КПСС... А тут мнимых «убийц» освободили, и в газетах пошло про культ личности и «авантюристов типа Рюмина». Энтузиастам сказали: «пождидите пока». Событие за событием. И вот наступила осень 1953 г. Мы вошли в новые здания МГУ на Ленинских (по-тогдашнему) горах, куда мы не раз уже с 1949 г. ходили «агитировать» среди строителей, а иногда и вкалывать не-

много. Иногородние получили места в общежитии в крыльях высотного здания (по первости Физфак – так называемой «зоне В»), а все мы заняли многочисленные просторные аудитории и лаборатории в новом здании Физфака МГУ.

В октябре около 450 делегатов собрались на IV отчётно-перевыборную конференцию ВЛКСМ физического факультета МГУ. Среди делегатов были участники Великой Отечественной войны, многие из которых (1924 г. и 1925 гг. рождения) из технических родов войск демобилизовались только в 1950–1951 гг. О разгоне Физтехфака как факультета МГУ, с преобразованием его в Физико-технический институт (МФТИ) стало известно в сентябре 1951. Однако в новом институте не осталось ядерной специальности, и значительную часть из физтеховских ядерщиков отправили на 2–4 курсы физфака МГУ (Отделение строения вещества). Шли разговоры между бывшими студентами Физтехфака. Это были разговоры о низком уровне преподавания теоретических дисциплин, об отсутствии на Физфаке, куда «физтехов» перевели в начале прошлого учебного года, ведущих отечественных физиков. Но всё это было без публичного шума.

Первое заседание конференции проходило в Главном здании, в аудитории 02. Никто из начальства не ждал, что там будет. И вдруг... Как говорится, понесли по коркам. Началось с выступления бывшего физтеховца Вали Гришина (1931–1991), с пламенной речи прошедшего фронт парторга 3 курса Нура Киямовича (Юры) Бухардинова (1924–2013), начальники начали их унимать и обвинять в демагогии, а в ответ на упреки чуть ли не во вражеской деятельности взорвалась и полезла на трибуну масса. Вместо успокоения получился бунт. Правда, Бухардинов недавно в 2010 г., вспоминая те события, написал: «Мы не бунтари, а правдоискатели». Мастерски и по-демократичному вёл заседание председатель Слава Письменный. Никого не обрывал, всем давал слово. Но когда желающих выступить стало уж слишком много, Письменный предложил принять прозвучавшее в выступлении Гришина предложение написать письмо в ЦК КПСС о недостатках в организации учебного процесса на физическом факультете. Дружно проголосовали «за». Председатель не забыл и о самокритике. Предложил оценить работу комсомольского бюро факультета за отчётный период как неудовлетворительную. Народ понял и поддержал.

Для написания письма (или с большой буквы «Письма») выбрали комиссию. Туда попали активные или говорливые, а из актива факультетского масштаба – естественно, Володя Неудачин. Председателем комиссии был выбран секретарь одного из потоков нашего 5-го курса Юра Троян. В его блоке в зоне В и заседала комиссия. И я попал в эту комиссию. Мы были «политически незрелые» (и по казенным стандартам, а многие и на самом деле, но только не Неудачин) и не понимали, что нам могло грозить. Заседали каждый вечер. Сначала каждый высказал, что бы он хотел внести в текст Письма. Юра Троян хотел, чтобы была отражена плохая (или недостаточная, или безобразная, или отвратительная, или неудовлетворительная, или неправильная, или никуда не годная и т. п., – цитирую по рабочему перечню отрицательных эпитетов Письма) работа парторганизации с комсомолом. У членов комиссии хватило ума этот вопрос в письме не затрагивать. Упрёков в плохой организации учебного процесса накидали массу. Многие из них, в сущности, относились к уже прошедшим временам, когда занятия проводились в четырёх-пяти местах по всей Москве, но уж очень эта езда, которая должна была для большей части студентов прекратиться после открытия новых зданий, засела в наших печёнках. Постепенно на первый план выходили проблемы с нашей изоляцией от самых выдающихся физиков страны. Вот в этом-то и был корень вопроса.

А до этого нас целых два заседания мурыжили, обрабатывали, агитировали с уровня Ректората и парткома МГУ не писать письмо вообще, писать в ВУЗКОМ, писать в ректорат, наконец, в крайнем случае, писать в ЦК ВЛКСМ, но никак не в ЦК КПСС. Но утверждено было, как и задумано: Письмо уйдёт в ЦК КПСС. Об этом и о другом, касающемся конференции и условий, её подготовивших, много написано, и нами в том числе [1, 3]. Жалко, что один из наследников Неудачина и Письменного на посту секретаря комсомольского бюро физфака лихой целинник «звезда МГУ» Сергей Литвиненко (1939–2019) в порядке борьбы с бюрократизмом сжёг все бумаги бюро ВЛКСМ до 1958 г. Теперь и не вспомнишь, что в точности там было написано. Сохранились только протоколы парткома МГУ, где нас разносили за «антисоветские» речи. Но дело было в том, что ничего антисоветского мы не говорили и даже антипартийного. Пришить такое нам могли бы запросто, но в другой обстановке. Последовало

знаменитое «письмо четырёх» и физфак начала проверять высокая партийная комиссия. Сказалось влияние высшего научного руководства Атомного проекта СССР. Нас же трепало руководство физфака и в особенности ректората МГУ по разным случайным поводам, кто как «подставился», не забывая, конечно, намекая, что они-то знают, кто подзуживал нас выступать и писать письмо. Неудачину это аукнулось парой-тройкой лишних «чёрных шаров» в урне при защите докторской диссертации на Совете физфака через 12 лет. Меня же трепали сразу же после конференции за противозаконные радиопередачи по радиосети МГУ (трансляция 40-й симфонии Моцарта), чтение поэмы «Евгений Стромынкин» и т. п. ляпы, чудеса и отклонения в личном поведении. Приняли старшим лаборантом на физфак (связи помогли), но в аспирантуру – три года ни за что не пускали (волею ректората хотя и был круглым отличником).

Но вернёмся к нашей теме. Неудачин мне своим примером и уроками помогал и часто прямо советовал, если его спросить и попросить. Приходил на помощь по просьбе в общественных делах. Но чаще всего он создавал специально организованные для упорядочивания нашего сознания и бытия ситуации (воскресный футбол для аспирантов и сотрудников, лыжные пробеги, доклады с обсуждениями об искусстве, музыке и литературе), которые помогают, взбадривают и дают тебе возможность понять и подправить самого себя в атмосфере дружеского общения. Только присоединяйся! Одним словом настоящий лидер и организатор.

Интересно, чему нас научила, хотя бы четвёртая конференция. Уникален урок Неудачина, как надо было жить при тогдашней советской власти. Как надо не бояться, но и не нарываться! Неудачин потом воплотил этот урок в жизнь не только в науке, но и даже в комсомольской работе, а я со своими друзьями в оперном творчестве физического факультета. И вдобавок Неудачин учил не забывать, что основное – твоя наука. Уж этот урок – самый главный. Но и не забывать, что ты человек. Не отказываться ото всех своих интересов. У каждого – своих. Он собирал нас не только на спортивные разминки, но и на серьёзные обсуждения музыки, поэзии. И попробуй отлынивать! Он тебе так скажет: «Работать надо!», – что стыдно станет. А когда Володя, собрав друзей, делал доклад о творчестве Шостаковича, помимо тонкого анализа музыки великого композитора, он давал



Рис.3. Бригада пятикурсников (участников Конференции) вернулась в зону «В» Новых зданий МГУ после работы в колхозе Мышкино, июнь 1954 г. Слева направо стоят: М.Я. Каабак, А.В. Кессених, И.И. Иванчик, Б.Ф. Курьянов. [Архив автора]

нам урок на примере Шостаковича как надо жить и быть человеком в отнюдь не комфортных общественных условиях. И, в конце концов, эти проблемы в том или другом преломлении встанут перед любым человеком в любом обществе.

Володя всегда признавал и очень уважал социалистический энтузиазм в работе и общественной жизни и этим заражал своё окружение. Но он же признался, что и в Боровском институте, в капиталистической Дании он ощутил тот же дух энтузиазма, честной и упорной работы над важным и интересным для тебя заданием. Вот этому он и учил нас. Только энтузиазм должен быть по делу, а не наигранный (когда слова правильные, а в остальном на всё наплевать), как нас пытались приучить. Вот об этом Неудачин написал в своё время в «Советском физике» (см. выше *Воспоминания Неудачина*). Теперь на старости лет хочется сказать спасибо своей судьбе, что свела нас с Володиёй Неудачиным. Бывают же такие замечательные люди! Ради общения с ними и стоит жить на свете.

Нур Киямович Бухардинов (1925–2013)

Критические выступления Бухардинова, как отмечает Журавлёв. Имели место и до конференции: *«Я выступал инициатором на конференции, <...> потому что я полтора года выступал на партийных собраниях и говорил о тех недостатках, которые имеют место: о том, что перегрузка страшная и т. д.»*.

Комсомольская конференция стала для Бухардинова логичным элементом его деятельности как парторга. Он не приемлет классификации конференции в качестве *«бунта»* и отвергает все интерпретации, связанные с заранее запланированным выступлением. Также, критикуя некоторые утверждения статьи Ю. Гапонова, С. Ковалевой и А. Кессениха [1], парторг отрицает разногласия между партийным и комсомольским бюро факультета, о которых в ней упомянуто, и перемещает линию размежевания на уровень выше – парткома всего МГУ.

«Была атака партийных органов очередная, чтобы нас остановить. И, прежде всего, не партийное бюро факультета, как здесь написано, совсем нет, а партком университета занялся этой проблемой <...> Вот, видите, что здесь написано? “Инициаторами критических выступлений, которые готовились заранее – не правда! Я не бунтовал, я спокойно, по-научному доказывал нашу правоту <...>».

«Когда я выступал, я никогда не выступал ради выступления. (цитирует Бухардинова Журавлёв – А.В.К.). Я всегда выступал с обоснованием, почему и для чего надо сделать так. Поэтому если даже люди не соглашались с моей точкой зрения, они получали предмет для размышления» [7]. Добавим, (Нур Киямович напомнил нам это в своём интервью 2010 г. [4]) что он выступил на Конференции дважды. Сначала одним из первых, а потом – в порядке реплики в ответ на выступление секретаря парткома ФФ, пытавшегося пресечь критику со стороны комсомольцев.

Интересна, но недостаточно ясна характеристика данная Журавлёвым «парторгу», то есть Бухардинову. Точка зрения последнего отчасти может быть объяснена, как выразился автор [7]: *«... биографической траекторией “парторга”*» с одной стороны, приведшей его на эту должность, и с другой, сформировавшей его критический взгляд и его избыточными (?) по отношению к уровню образования на физфаке 1950-х гг. культурными компетенциями.



Рис.4.
Н.К. Бухардинов
[Из архива
Бухардинова]

корреспондент Академии наук и профессор Сорбонны, будущий парторг был председателем учкома. Журавлев считает, что *«высокий интеллектуальный уровень парторга, позволивший ему критически отнестись к физфаковскому образованию, был связан с его политическим опытом: читающий в обкоме стихи, попавший в МГУ, добившись помощи министра образования С. Кафтанова, и ставший партийным лидером, он чувствовал за собой ответственность и право влиять на образовательную политику на физфаке. Вместе с тем, его преждевременное (?) зачисление в ряды КПСС было связано с тем, что он прошел войну, и этот опыт позволял ему чувствовать себя уверенно, отстаивая критическую позицию»* [7].

Заметим, что своеобразная манера, в которой представил материалы своих респондентов О. Журавлёв, привела к тому, что кое-чего весьма важного в этих материалах не хватает. Поэтому автор настоящей статьи дополняет весьма интересные материалы [7] данными из своего интервью с Бухардиновым 2010 г. [4].

Нур Киямович родился в Иваново, где его отец начинал свою карьеру, а потом вырос в Таджикистане, где эта карьера продолжилась. Школу Нур (Юра) закончил круглым отличником и добровольно отправился в армию, фактически на год раньше положенного срока в 1943 г., выучился на авиационного техника и воевал на Западе и на Востоке,

причём служил до 1951 года и заслужил репутацию незаменимого механика, курируя самолёт командира дивизии. Эта репутация чуть не сыграла отрицательную роль в его судьбе. Командир поначалу скрыл от «незаменимого» приказ о демобилизации всех кончивших школу с отличием, вышедший ещё в мае 1951. Узнав об этом приказе с опозданием на три месяца и выполнив настоятельную просьбу командира подготовить себе достойную замену, Бухардинов оказался на пороге ФФ МГУ в конце августа, когда приёмная кампания уже закончилась. Вот почему пришлось обратиться за помощью к самому министру Кафтанову, чтобы не терять ещё одного года. Добавим, что физфак Бухардинов закончил с весьма приличными показателями и в дальнейшем успешно работал в области космического приборостроения, а завершил свою трудовую биографию инженером Конструкторского бюро при Институте кристаллографии РАН.

Пятикурсники – активные участники Конференции

Гришин Валентин Григорьевич (1931–1991)

Поступал на физтехфак, кончал в 1955 г. Отделение строения вещества физфака. Работа: ЭФЛАН, ОИЯИ ЛВЭ, д.ф.-м.н., 3 медали, в т. ч. медаль 1 степени Карлова университета, Прага. Автор двух книг, собирался писать книгу об интеллигентах.

В апреле 1953 г. собирался включиться в предполагавшийся, но так и не состоявшийся «сталинский призыв» в ряды КПСС.

На Конференции Валентин Гришин первым поднял вопрос о написании Письма в ЦК КПСС о недостатках в преподавании физики на ФФ МГУ. Получил после Конференции выговор от администрации ФФ.

Архив В.Г. Гришина использован Ю.В. Гапоновым при подготовке работы [1].

Троян Юрий Александрович (1931–2014)

Кончал в 1955 г. Отделение строения вещества. Работа: ЭФЛАН, ОИЯИ ЛВЭ, к.ф.-м.н., начальник Сектора «Исследование узких адронных резонансов в нуклон-нуклонных взаимодействиях».

С Ю.А. Трояном провёл интервью О. Журавлёв, который отмечает: «В отличие от парторга, комсорг – радикальный критик образования на физфаке, и проблемы факультета



Рис.5. Четверокурсники ОСВ – будущие делегаты Конференции, подавшие в марте 1953 г. заявления о вступлении в кандидаты партии. Во дворе старого здания ФФ.
Слева направо: Ю.А. Троян, В.В. Балашов, В.Г. Гришин. [Из архива автора]

он напрямую связывает с политической конъюнктурой – засильем “партийцев”; вообще, противопоставление комсомола и “партийцев” проходит через все интервью». Это замечание справедливо (см. подразделы «Оценки Журавлёва» и «Личные воспоминания»).

Далее Журавлёв цитирует: «Комсорг так говорит о “второстепенных” преподавателях физики:

“Все они попали туда по рекомендации парткома, <...> какие-то средние физики, кончили там что-то, преподавали, а потом вот по этим протекциям попали”. Интересно, что если парторг как бы подтверждает обоснованность критики формальными, а значит объективными, показателями, такими как “перегрузка” курсов или отсылкой к значимости его претензий для всех студентов (“для студента все равно нужно не так читать”), комсорг, несмотря на то, что ежедневное общение со студентами – его обязанность, не претендует (на столь аргументированное заключение – А.В.К.)». То есть авторы данной статьи и [7] согласны в оценке позиции Трояна как тактически не соответствующей поставленной Конференцией задаче.

В апреле 1953 г. Троян, как и двое других его сокурсников (В.В. Балашов и В.Г. Гришин) собирался включиться в

предполагавшийся, но так и не состоявшийся «сталинский призыв» в ряды КПСС.

Юра Троян (самый активный в критике) был назначен Конференцией в комиссию по написанию Письма и сразу же был избран председателем комиссии. В его блоке в зоне «В» комиссия и заседала, готовя текст Письма к следующему заседанию конференции, назначенному через неделю. Хотя Троян хотел, чтобы в Письме была отражена плохая работа парторганизации с комсомолом, у членов комиссии хватило ума не поддержать своего председателя. Письмо было составлено в прагматичном стиле, который выработал в основном В.Г. Неудачин.

Литература

1. Гапонов Ю.В., Ковалёва С.К., Кессених А.В. Студенческие выступления 1953 г. на физическом факультете МГУ как социальное эхо атомного проекта // История советского атомного проекта: документы, воспоминания, исследования. Вып. 2 / Отв. ред. Вл.П. Визгин. Сост. Вл.П. Визгин и И.С. Дровеников. – СПб: Изд. РХГИ, 2002. С. 519–544.
2. Ковалёва С. Глава 1 «Студенческий бунт» 1953 г. на физфаке МГУ // Ты помнишь физфак? – М.: ООО «Поматур», 2003. С. 12–31.
3. Кессених А.В. Взаимодействие и противостояние академических и университетских физиков в 1940-х–1950-х гг. и студенческий бунт на физфаке в 1953 г. // ВИЕТ, 2011. № 1. С. 83–92.
4. Кессених А.В. Из судьбы младшего военного поколения на пути к науке. (С приложением заметки Н.К. Бухардинова «Мы не бунтари, а правдоискатели» о IV комсомольской конференции физфака МГУ 1953 года) // ИИЕТ РАН. Юбилейная научная конференция, посвященная 65-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Подольск: Подольская периодика, 2011. С. 220–224.
5. Государственный Архив Российской Федерации. (ГАРФ). Фонд 9396. Ед. хр. 674. Л. 127–129.
6. Сонин А.С. Физический идеализм. – М.: Физматлит, 1994. 224 с.
7. Журавлёв О. Критика и протест на физфаке МГУ 1950-х гг.: политические вопросы // Электронный альманах «Варианты», № 3 / Центр социально-гуманитарных исследований. – М.: Свободное марксистское издательство. 2009; <https://warianty.blogspot.com/2010/02/1950.html>.

8. *Андреев А.В.* Физики не шутят. Страницы социальной истории НИФИ при МГУ (1922–1954). М.: Прогресс-Традиция. 2000. 320 с.
9. *Киселев Г.В.* Физики-выпускники Московского университета и Советский атомный проект // УФН, 2005. Т. 175, № 12. С. 1344–1356.
10. *Карлов Н.В.* Книга о Московском физтехе. – М.: Физматлит, 2008. 600 с.
11. *Панасюк М.И., Романовский Е.А., Кессених А.В.* Начальный этап подготовки физиков-ядерщиков в Московском Государственном университете (тридцатые–пятидесятые годы) // История советского атомного проекта: документы, воспоминания, исследования. Вып. 2. – СПб: РХГИ, 2002. С. 491–518.
12. *Кессених А.В.* Как МГУ готовило кадры для ПГУ // Научное сообщество физиков СССР. 1950-е – 1960-е и другие гг. – СПб: Изд-во РХГА, 2007. С. 144–154.
13. *Визгин Вл.П.* Ядерный щит в «тридцатилетней войне» физиков с невежественной критикой современных физических теорий // УФН, 1999. Т. 169, № 12. С. 1363–1389.
14. Москва послевоенная 1945–1947 гг. Архивные документы и материалы. – М.: Мосгорархив, 2000. С. 574–576.
15. *Терлецкий Я.П.* Операция «Допрос Нильса Бора» // ВИЕТ, 1994. № 2. С. 18–44.
16. *Вавилов С.И.* Дневники, 1909–1951: в 2 кн. Кн. 2. – М.: Наука, 2016. С. 378.
17. *Копылов Г.И.* Евгений Стромькин (роман в стихах) // ВИЕТ, 1998. № 2. С. 96–122.
18. Стенограмма заседания парткома МГУ 11 ноября 1953 г. // Центральный архив общественного движения «Мемориал» (ЦАОДМ). Ф. 478. Оп. 3. Ед. хр. 12. ЛЛ. 2–130.
19. Постановление парткома МГУ от 2 декабря 1953 г. // ЦАОДМ. Ф. 478. Оп. 3. Ед. хр. 12. ЛЛ. 189–190.
20. *Гапонов Ю.В.*, Традиции физического искусства в российском физическом сообществе 50-х – 90-х гг. // ВИЕТ, 2003. № 3. С. 165–178.
21. *Ковалёва С.К.* И родился «Архимед»! // ВИЕТ, 2002. № 2. С. 209–218.
22. *Кессених А.В., Ковалёва С.К., Новик В.К.* Оперное творчество на физическом факультете Московского Государственного университета им. М.В. Ломоносова // ВИЕТ, 2017. Т. 38, № 4. С. 822–828.

23. *Кессених А.В.* Из бесед с членом-корреспондентом РАН В.Д. Письменным // К исследованию феномена советской физики 1950–1960-х и других гг. Социокультурные и междисциплинарные аспекты, (публикация с примечаниями). – СПб.: РХГА, 2014. С. 313–383.
24. *Кессених А.В.* Уроки Владимира Неудачина / За вечно живую науку, против стереотипов. К 85-летию со дня рождения Владимира Германовича Неудачина. – М.: Университетская книга, 2014. С. 270–283.
25. *Неудачин В.Г.* Воспоминания / Там же. Приложения 1 и 2. – М.: Университетская книга, 2014. С. 283–290.
26. *Гришин В.Г., Троян Ю.А.* Наш курс // Сведения о выпускниках Физического Факультета МГУ 1955 г. / Под ред. И.И. Иванчика и др. – Архив автора и других его сокурсников.
27. *Журавлев О.* Студенты, научная инновация и политическая функция комсомола: физфак МГУ в 1950–1960-е годы // Разномыслие в СССР и России (1945–2008): Материалы научной конференции 15–16 мая 2009 г. – СПб: Изд-во Европейского ун-та в СПб, 2010. С. 85–131.
28. *Журавлев О.* Инерция постсоветской деполитизации и политизация 2011–2012 гг. / Политика аполитичных. Гражданские движения в России 2011–2013 гг. – М.: Новое литературное обозрение, 2015. С. 27–70.
29. *Кессених А.В.* Об одной из научных школ по теории атомного ядра. (Из истории ядерной физики на физфаке МГУ имени М.В. Ломоносова) // Исследования по истории физики и механики. 2014–2016 / Под ред. Вл.П. Визгина. – М.: Янус-К, 2016. С. 237–265.
30. *Горелик Г.Е.* Как Клим Ворошилов не спас советскую физику // Знание – сила, 1998. № 1.
31. *Ковалёва С.К., Кессених А.В.* Физики МГУ как родоначальники студенческих строительных отрядов / Научное сообщество физиков СССР. 1950-е–1960-е гг. Вып.1. – СПб.: Изд-во РХГА, 2005. С. 619–654.

А.С. Сонин

*Институт элементоорганических соединений
им. А.Н. Несмеянова РАН*

ПЕРВАЯ ПОСТСОВЕТСКАЯ ДИСКУССИЯ О НАУКЕ И БОГЕ

1

В советское время трудно было даже представить себе, что публично обсуждается соотношение науки и религии. Но вот СССР рухнул, и с ним рухнули антирелигиозная пропаганда и твердокаменный материалистический взгляд на Вселенную. И тогда стало возможным всерьез обсуждать вопросы взаимоотношения религии и науки.

Поскольку дальше речь пойдет о дискуссии, то я считал, что для точного изложения точек зрения дискуссионщиков необходимо воспроизводить именно их формулировки. Поэтому дальше я буду часто их цитировать.¹⁾

Эта первая дискуссия развернулась в 1997–1998 годах на страницах газеты научного содружества «Поиск». Американский профессор Университета Беркли (Калифорния) Ф. Джонсон опубликовал в разделе «Альтернативы» в № 30-31 (1997 г.) статью «Вызов дарвинизму. Взгляд с позиции молекулярной биологии».

Статья начинается с интересного утверждения, что весь двадцатый век прошел под знаком философии научного материализма. Джонсон писал: *«Бог мертв (Нитше), ибо мы открыли, что нашим настоящим творцом является лишенный какой-либо цели материальный процесс под названием “эволюция”. Ее воплощение – это теории Дарвина, зарождения жизни Опарина и Холдейна и сознания Фрейда<...> Но в начале двадцать первого века, пора подводить*

¹⁾ Все цитаты приводятся по статьям в соответствующих номерах газеты «Поиск».

некоторые итоги. Фрейдизм уже почти целиком сошел на нет и не пользуется каким-либо авторитетом. Пришло время усомниться в основательности научной базы, породившей все эти явления философского материализма. Дарвинизм по-прежнему остается ортодоксальной доктриной в науке, однако в последнее время он был поставлен под сомнение теми учеными, которые считают, что новые данные молекулярной биологии опровергают прежние материалистические догмы».

В своей статье Джонсон провел сравнительный анализ книг английского материалиста Ричарда Докинса «Слепой часовщик» и «Восхождение на Гору Невероятного», отстаивающего современный вариант дарвинизма и книги молекулярного биолога Майкла Беха «Черный ящик Дарвина: биохимия бросает вызов эволюции».

Первая книга Докинса начинается с замечания о том, что *«биология исследует сложные феномены, которые производят впечатление задуманных ради какой-то цели»*. Но по Докинсу это только кажется. На самом деле биологические организмы созданы *«слепым часовщиком»*, т. е. бессознательными дарвиновскими процессами мутации и отбора. Поэтому организмы (и в особенности клетка) остаются для них *«черным ящиком»* – чудесной машинкой, в которой действуют никому не понятные механизмы.

Во второй книге Докинс рассматривает процесс эволюции живых организмов как восхождение по *«лестнице Дарвина»* – постепенное, но закономерное и объяснимое увеличение сложности организма при переходе с одной ступеньки этой лестницы на следующую, более высокую. Причем эти увеличения сложности должны быть небольшими. При этом Докинс и сам считает, что даже один необъяснимый шаг эволюции, приведет к разрушению всей картины.

Напротив, Бех утверждает, что в настоящее время биохимики смогли проникнуть вглубь этого «черного ящика» и находят в нем *«неупростимые системы высокой степени сложности»*. Это важное понятие, введенное Бехом, означа-



Профессор
Филипп Э. Джонсон
(1940–2019).

ет, что *«любая попытка лишить, состоящую из нескольких взаимодополняющих и взаимодействующих друг с другом базисных функциональных элементов, какого-либо из вышеуказанных элементов, привело бы к прекращению функционирования всей системы»*. А поскольку молекулярный уровень жизни содержит множество таких систем, и никто не может объяснить, каким образом хотя бы одна из них могла образоваться в результате действия дарвиновских механизмов.

По словам Беха результатом является *«громкое, отчетливое и пронзительное восклицание: здесь виден замысел!»*. Бех также утверждает, что на молекулярном уровне уже открыто немало таких *«неупростимых сложных систем»*.

Эта концепция Беха, если она справедлива, означает не только продвижение теоретической науки, но и ниспровержение целого мировоззрения и тогда беспристрастное исследование невозможно без признания существования *«Автора замысла»*.

Но Бех признает, что сейчас в молекулярной биологии еще царит метафизический материализм и концепция *«неупростимой сложности молекулярных систем»*, несущая философскую нагрузку, считается спорной, но *«при этом подспудно такие системы принимаются в качестве досадного научного факта»*. Бех приводит несколько специальных сценариев биохимических процессов, которые невозможно объяснить дарвиновской эволюцией и показывает, как биологическая эволюция осуществляется на молекулярном уровне. Бех утверждает: *«Каждая биохимическая система требует наличия ошеломляюще сложных элементов, вступающих друг с другом в специфическое взаимодействие. Все эти элементы играют значительную роль только как часть сложной системы, которая не будет функционировать, если какой-то из них отсутствует. Систему невозможно построить путем постепенного добавления элементов, так как каждая функция каждого элемента возникает тогда, когда он интегрирован в законченную систему. Иными словами, лестница со ступеньками, которая постепенно вела бы в гору, отсутствует»*.

В заключение этой статьи Джонсон высказывает и свою точку зрения. Он считает, что если бы ученые смогли опровергнуть тезис о *«неупростимой сложности»* с подробным изложением того, как сложные биохимические системы могли бы сформироваться эволюционным путем, они давно бы

это сделали. Но они считают, что приверженность материализму необходима для защиты самого существования науки. Ведь если замысел реален, то может быть и Автор этого замысла. А тогда к чему ставить какие-то эксперименты, все можно будет объяснить «непознаваемой Божьей волей».

Джонсон считает все эти рассуждения вздором. Он пишет: *«Напротив, представление о том, что Вселенная является продуктом рационального сознания, составляет гораздо лучший фундамент для научной рациональности, нежели противостоящее ему представление о том, что все во Вселенной (и наш разум в том числе) в конечном итоге сводится к бессознательным материальным процессам»*. И заканчивает словами Беха: *«Ученые должны идти туда, куда их ведут материальные научные данные, не связывая себя искусственными ограничениями»*.

2

Интересно, что редакция «Поиска» в номере 36 (1997 г.), в разделе «Возвращаясь к напечатанному», ответила на статью Джонсона призывом к дискуссии: *«В № 30-31 “Поиска” была опубликована статья профессора Университета Беркли Ф. Джонсона “Вызов дарвинизму”, в которой американский ученый критикует теорию эволюции органического мира. Мы предполагали, что эта публикация станет хорошим раздражителем для тех, у кого нет никаких сомнений в верности теории Дарвина. Статья американского профессора дает его оппонентам повод лишний раз напомнить об известных истинах. Правда, сегодня, когда в мировоззрении наших сограждан вновь происходят революционные перемены, такое напоминание кажется отнюдь не бесполезным»*.

Последняя фраза напоминает, что благодаря событиям 90-х годов произошел революционный поворот не только в политической жизни России, но и в общественном сознании и философии – закончилась антирелигиозная пропаганда, и появилось много критиков прежних, материалистических теорий. И редакция призывает напоминать оппонентам «об известных истинах». Что и делает в статье «Вызов принят» директор Института физиологии активных веществ академик Николай Зефиров.

Зефиров защищает материалистическую теорию эволюции в науке. По его мнению, теория неупростимой сложно-



Академик
Николай Зефирова
(1935–2017)

рые долгое время считались не доступными человеческой химии.

По поводу отрицания Джонсоном тезиса, что материализм является определенным признаком науки, Зефирова пишет: *«наука базируется на постулатах о: 1) действительности в нашем материальном мире причинно-следственных связей и 2) способности постигать эти связи. Я допускаю, что многие люди могут принимать для себя как истину, что некое историческое лицо останавливало солнце, ходило по воде и возвращало к жизни мертвых, но я не вижу, как веру в это совместить с научным подходом».*

Здесь Зефирова огрубляет подход Джонсона – в неупростимой сложности систем, которые не поддаются простому эволюционному подходу, Джонсон видит только *«умысел»* (смысл), предначертанный сценарий.



Доктор
технических наук
Виктор Дубровский

сти биохимических систем есть только временный этап научного познания. Он пишет, что *«приводимые автором (Джонсоном – А.С.) сложные биохимические машины вполне могут быть “упростимы” – скажем, лет через пятьдесят, когда мы разберемся в этом. Хотя и через пятьдесят лет будут найдены новые, еще более чудовищно сложные для современников явления и системы, и также найдутся желающие думать, что они “неупростимы”».*

В качестве примеров Зефирова приводит работы по синтезу биологических веществ – мочевины, жиров, сахаров, кото-

В этом же номере «Поиска» приведена короткая заметка доктора технических наук Виктора Дубровского.

Он, конечно, тоже за дарвинизм, но приветствует инициативу газеты обсуждать мировоззренческие проблемы. Но, пишет он, *«плохо, что пока эта дискуссия напоминает советскую атеистическую пропаганду: игра идет “в одни ворота”, атеистам высказаться не дают».*

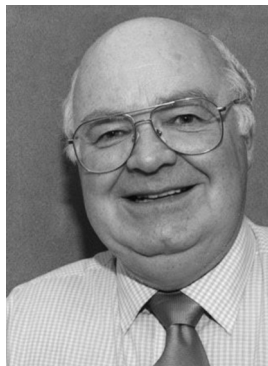
Мне кажется, что Дубровский не прав. Даже те годы, когда началась эта дискуссия, превалирующее положение занимали именно атеисты.

Нашу дискуссию продолжил доктор философии, доктор математических наук, профессор Грин Колледжа (Оксфорд), Джон С. Леннокс. В № 13 «Поиска» за 1998 год была опубликована его статья «Между наукой и религией нет и не может быть конфликта».

По сути дела это ответ на статью Зефирова, который отвергает божественную теорию создания мира и думает, что теория эволюции разрушает саму идею Бога как творца живого мира. Леннокс считает, что Зефиров сильно упрощает эту проблему. По его мнению, *«если даже мы примем, что биологическая эволюция все-таки имела место в развитии мира, то остается непонятным, как механизм необходимости способен отвергнуть необходимость Создателя»*.

Леннокс напоминает, что Джонсон не отвергает существование естественного отбора и случайных мутаций – он, безусловно, отвергает то, что эволюция способна привести к появлению всего живого и человека. При этом он опирается не на теологические аргументы, а на биохимические факты. Это «неподдающиеся улучшению процессы и комплексные системы», которые существуют на молекулярном уровне. Это, например, свертывание крови или возникновение зрения. Да, эти системы сложны, но, как утверждает Бех, *«все проблемы связаны не с количеством “сложности”, но с природой этой “сложности”*».

Леннокс пишет, что примеры, иллюстрирующие эволюцию в познании сложных систем, которые привел в своей статье Зефиров, иллюстрируют прямо противоположное. Он ссылается на работы ученых по синтезу сложных биологических веществ, таких как мочевины, жиры и сахара, и думает, что тоже произойдет в биохимии. Но эти работы только демонстрируют, что *«для перехода от простого к сложному необходимо вмешательство разума и знаний.<...> Таким образом, аргументы академика Зефирова доказывают несостоятельность материалистического объяснения мира»* – заключает Леннокс.



Профессор
Джон С. Леннокс

Дальше он приводит аргументы в пользу своей точки зрения. Библия утверждает: *«В начале было Слово, и Слово было у Бога, и Слово было Бог»*. По мнению Леннокса *«это поразительное использование термина “Слово” говорит о том, что Бог – это источник информации и энергии, которые были необходимы для создания сложного мира»*.

Итак, главное – информация. Леннокс напоминает, что ядро каждой из 10 триллионов клеток человеческого тела является колоссальным хранилищем генетической информации. Эта информация является и чрезвычайно упорядоченной и чрезвычайно сложной. Генетический код тоже представляет собой чрезвычайно сложную и чрезвычайно упорядоченную информацию.

Леннокс пишет: *«Дарвинисты считают, что информация в генетическом коде накапливалась в течение длительного времени в результате случайных мутаций. Можно представить, что в результате случайных перестановок различных букв алфавита образовалась слово, но практически невозможно вообразить себе, чтобы при случайном переборе и соединении букв в слове, и отдельных слов в законченном предложении, а затем отдельных предложений в повествовании, была сделана целая книга»*.

Он приводит ссылку на английского математика сэра Фрэда Хойла (1915–2001), который показал, что вероятность случайного зарождения жизни примерно такова как вероятность того, что в результате сильного урагана, пронесшегося по мусорной свалке, был создан сверхскоростной самолет.

Итак, по мнению Леннокса, мы не нуждаемся в гипотезе о существовании Бога для описания функционирования генетического кода и даже для его понимания, но при этом без Создателя мы не можем объяснить, как этот код возник. Таким образом, для познания всего сущего необходимо изучение законов природы и понимание, как эти законы были созданы.

Но кто же такой Создатель? Здесь Леннокс, увы, не оригинален – воплощенным Создателем является Иисус Христос. Доказательством служит вся его жизнь и чудеса, описанные в Библии. Именно его чудеса, противоречащие законам природы, по мнению Леннокса, подтверждают, что эти законы ему подвластны.

А коль скоро это так, то отсюда следует главный тезис Леннокса, вынесенный в заголовок этой статьи: *«Между на-*

укой и религией нет и не может быть конфликта». В качестве доказательства он называет великих ученых: Ньютона, Кеплера, Фарадея, Максвелла, «чья вера в Бога подвигала их на изучение Вселенной». И приводит слова Эйнштейна «наука без религии хрома, а религия без науки – слепа», не говоря прямо, но намекая, что Эйнштейн верил в Бога.

Эйнштейн не верил в бога. Эта цитата, взятая из его эссе «Наука и религия», говорит совсем о другом. Эйнштейн считал, что религия помогает человечеству формировать цели и ставить этические оценки. Наука это не может. Наука же устанавливает только то, что есть на самом деле, но не то, что должно быть. Но она не ставит цели и этические оценки деятельности человека. Отсюда «наука без религии хрома, а религия без науки – слепа».

3

Материалисты Н. Зефиров и В. Дубровский тут же ответили Ленноксу в № 16 «Поиска» за 1998 год.

Статья Зефирова называлась «Мистер Форд и создатель Вселенной». Он отвечает на три вопроса Леннокса.

1. В статье Леннокса утверждается, что между наукой и религией нет и не может быть конфликта. Зефиров напоминает о судьбе Джордано Бруно. Далее он подчеркивает, что наука строится на логике, а вера в Бога и чуда логике не подчиняются.

2. В статье Леннокса обсуждается вопрос об участии Бога в делах современного мира. Леннокс приводит пример, что дикарь на автомобиле Форда, вряд ли поверит, что мистера Форда никогда не было. Тоже и со Вселенной – ее сотворил Создатель. Зефиров здесь менее категоричен – «наука никогда не ставила задачу доказать, что Бога-Создателя нет» – пишет он и приводит слова Лапласа, что Создатель ограничился только первотолчком и больше ни в чем не участвовал. Зефиров поясняет: «Согласитесь, что Бог-Только-Создатель, и Бог-Активно-Влияющий-На-Нашу-Жизнь – это совсем разные вещи».

3. В статье Леннокса поднимается вопрос о соотношении «чуда» и научного знания. Леннокс считает, что Бог активно участвует в делах мира и представляет доказательства такого участия. Пример – превращение воды в вино. Зефиров считает, что если бы это было так, никаких законов природы вообще не было бы.

Статья Дубровского называлась «Верую, потому что абсурдно...». Однако вместо конкретно критики статьи Леннокса, автор просто убеждает читателей в том, что религия это плохо, а наука это хорошо.



Профессор
Хартмут Изинг

Совсем другой подход к этой проблеме продемонстрировал директор Института гигиены воды, почвы и воздуха в Берлине профессор Х. Изинг в статье «Совместима ли вера в Бога с естественнонаучным мышлением», опубликованная в № 25 «Поиска» за 1998 год.

Изинг писал, что, оказывается, эта проблема интересовала ученых еще в 1916 году. Некто И. Лойба разослал 1000 анкет случайно выбранным американским ученым с вопросом об их вере в Бога и в личное бессмертие. 60% ученых отвергли такую веру.

В 1996 году И. Ларсон и Л. Уитам провели такой же опрос. В результате оказалось, что число верующих ученых практически не изменилось: в 1916 году их было 41,8%, в 1996 году – 39,3%. В то же время число верующих в бессмертие человека уменьшилось: в 1916 году их было 50,6%, а в 1996 году 38,0%.. Таким образом, число атеистов и верующих в Бога примерно одинаково, т. е. сегодня есть много ученых, которые не видят никакого противоречия между научной деятельностью и верой в Бога.

Работа Изинга как раз и посвящена подобному разбору этого противоречия. Прежде всего, на конкретных исторических примерах, он пытается показать, что причиной атеизма ученых является вера в вечность материи. Изинг рассказывает о дискуссии между Кентерберийским епископом и выдающимся зоологом и популяризатором науки Т. Гексли, которая состоялась 130 лет назад в присутствии 200 ученых, на тему о том, мог ли возникнуть человек в результате случайного развития природы. Аргумент епископа – если есть часы, то должен быть и часовщик, который их сделал. Аргумент Гексли – если десять обезьян нажимают на клавиши десяти пишущих машинкой бесконечно долго, то они напишут «Отче наш».

Ученые согласились с аргументом Гексли. Изинг поясняет: *«Так возникла вера в слепой случай как альтернатива*

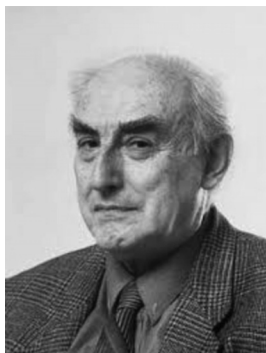
веры в Творца, и начались преобразования в научном представлении о мире, в результате которых вера в Творца кажется большому количеству людей несовместимой с естественными науками<...> Посмотрим теперь, считает ли современная наука верным главное положение этого аргумента о бесконечности времени, необходимое для развития мира». Опираясь на современные данные о возрасте Вселенной от Большого Взрыва – 14 миллиардов лет, Изинг считает, что за такой срок случайное возникновение жизни невозможно. Этой же точки зрения придерживается и астроном и математик Ф. Хойл, который строго показал, что вероятность случайного возникновения жизни равна $1 / 10^{40000}$. Поэтому Хойл постулировал, что где-то в космосе есть аномальный интеллект, конструирующий процессы возникновения жизни.

Таким образом, по мнению Изинга, современная астрофизика лишила главный аргумент дарвинистов его научной обоснованности. Поэтому разумно прекратить поиски новых аргументов в пользу той или другой веры, а рассматривать обе концепции (веру в эволюцию и веру в божественное сотворение мира) как принципиально мыслимые и допустимые.

В этом же номере «Поиска», в рубрике «Возвращаясь к напечатанному» было опубликовано письмо доктора физико-математических наук, профессора А. Александрова Джону Ленноксу: *«Блестящая и многосторонняя аргументация, строгая логика и неповторимая образность изложения делают Вашу статью неповторимым явлением в утверждении единственно правильных взглядов по объединению (да! да! да!, объединению) науки и религии»*. Александров советует Ленноксу включить в его доводы еще один аргумент – *«только на основе сочетания богословских и естественнонаучных представлений возможно создание математических моделей человеческой деятельности, сочетающих целенаправленность с высокой духовностью; противная точка зрения приведет к очередному тупику, скажем более – к катастрофе»*.

4

Завершил дискуссию и подвел ее итоги академик, нобелевский лауреат В.Л. Гинзбург. В № 29–30 «Поиска» за 1998 год он опубликовал статью «Вера в бога несовместима с научным мышлением».



Академик
Виталий Гинзбург
(1916–2009)

По его мнению, в статьях Ф. Джонсона, Д. Леннокса и Х. Изинга делается попытка утверждать веру в Бога. Гинзбург пишет: *«Все авторы этих статей – иностранцы, и я подозреваю, что ими движет миссионерская задача помочь возрождению религиозности в России, тем более, что 70 лет большевики (коммунисты) насаждали воинствующий атеизм».*

Гинзбург, в отличие от Изинга, на вопрос о совместимости веры с естественно-научным мышлением отвечает резко отрицательно. По его мнению, вера основана на признании чудес, не требующем доказательств и анализа. В естественных науках наоборот – *«речь идет о сочетании наблюдений и (или) экспериментов с теоретическим (часто с использованием математики) анализом результатов этих наблюдений и экспериментов. Итогом такой деятельности является причинно самосогласованная картина исследуемых явлений и процессов, которые материалисты считают объективно существующими в природе».*

Гинзбург продолжает: *«Нельзя не отметить, однако, что действительно образованные теологи находятся на другом уровне. Они понимают, что доказать существование бога невозможно, как нельзя доказать и его отсутствие. В обоих случаях речь идет об интуитивном суждении, с той существенной разницей, что интуитивное суждение в науке не должно противоречить логике, знаниям, опыту. В случае же религии, напротив, допустима и даже необходима вера в чудеса».*

Однако все же есть верующие ученые. Так известный бельгийский астрофизик Г. Леметр, являющейся одним из авторов так называемого «Большого взрыва», породившего пространство, время и Вселенную, был верующим, и даже священником, и даже президентом Ватиканской (папской) академии наук. Но он не путал бога и астрофизику. Он писал: *«в той мере, в какой я могу судить, такая теория полностью остается в стороне от любых метафизических или религиозных вопросов. Она оставляет для материалиста свободу отрицать любое трансцендентное бытие. В отношении начала пространства-времени может оставаться*

при том же мнении, которого он мог придерживаться в случае неособенных областей пространства-времени». Такие ученые, как пишет Гинзбург, «одновременно живут как бы в двух мирах – одном материальном, а другом каком-то трансцендентном, божественном». Поэтому совместимость занятиями наукой и веры в Бога не тождественна с совместностью веры в Бога и научным мышлением.

Прокомментировал Гинзбург и данные Изинга о верующих американских ученых. То, что их число за восемьдесят лет (с 1916 по 1996 гг.) практически не изменилось – в среднем 40%, кажется Гинзбургу странным на фоне огромных достижений естественных наук за этот период. Он пытается объяснить это американской реакцией на воинствующий атеизм коммунистов или показной религиозностью ученых. В то же время среди членов Национальной академии наук США лишь 7% верят в бога. Таким образом, среди наиболее квалифицированных и продуктивно работающих ученых доля верующих почти в 6 раз меньше, чем среди всего научного сообщества.

Еще с одним верующим ученым Гинзбург продискутировал в специальной статье «Еще раз о религии и науке», опубликованной в № 38 «Поиска» в этом же году. Речь идет о видном физике-теоретике, члене Лондонского королевского общества Д. Полкинхорне, который опубликовал книгу «Вера глазами физика (богословские заметки мыслителя «снизу-вверх»)».

Главный свой тезис Полкинхорн сформулировал следующим образом: *«Наука и богословие едины в убеждении, что существует некая истина относительно природы вещей, которая может быть открыта и понята... Конечно, наука и религия имеют дело с разными аспектами истины, относящейся к одному миру человеческого опыта. Объект научного исследования – объективные явления, которые можно проверить экспериментальным путем, в то время как религия обращается к надличностной реальности Бога <...> Но как бы высоко ни оценивал я науку, позволяющую нам понять великолепную картину физической вселенной и ее историю, тем не менее еще больше меня волнует и еще более значительными мне представляются религиозные прозрения, которые позволяют увидеть божественный Разум и Волю, лежащие за пределами того, что может раскрыть наука».*

По этому поводу Гинзбург пишет: *«центральный вопрос в споре науки с религией заключается в том, действительно ли религия может “увидеть” и “раскрыть” что-либо, лежащее за пределами мира, изучаемого наукой»*. Гинзбург не нашел в книге Полкинхорна ничего такого, что неизвестно современной науке. Полкинхорн больше упирает на *«эстетические переживания и этические прозрения»*, что якобы указывают *«на радость Бога при творении и его справедливую волю»*.

На этом дискуссия в «Поиске» закончилась. Естественно, что каждый остался при своем мнении. Но дискуссия о науке и религии продолжалась и продолжается сейчас как в интернете, так и в печатных изданиях. Но это уже тема для другой статьи.

II. НЕКОТОРЫЕ ГЛАВЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ИСТОРИИ НАУКИ

Г.Б. Малыкин

*ФГБНУ Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной физики РАН ¹⁾*

СИСТЕМА ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ КОФМАНА–ЛЕВЕНТАЛЯ

Введение

Задача инерциальной навигационной системы (ИНС) [1] заключается в вычислении местоположения и скорости движущегося объекта, не связанного с внешним миром, исключительно с помощью того или иного типа гироскопов, ньютонометров (акселерометров) и вычислительной системы. Все ИНС основаны на возникновении сил инерции [2] при ускорениях объекта. В качестве объекта может выступать самолет в слепом полете, подводная лодка, ракета, космический аппарат. Разумеется, в настоящее время существуют системы глобального позиционирования, но они, по той или иной причине, могут оказаться недоступными, а ИНС действует автономно. Требования точности, предъявляемые к ИНС, зависят от ее предназначения: ракетные ИНС функционируют несколько минут, самолетные – несколько часов, корабельные – много суток [3, с. 3]. Все системы ИНС характеризуются некоторой величиной дрейфа нуля, измеряемого в единицах град/час и, следовательно, ошибка со временем накапливается. Общедоступное описание ИНС приводится в [4].

Особенно остро необходимость создания ИНС возникла в 30-е гг. прошлого века в связи со сверхдальними перелетами советских самолетов и, в частности, с перелетами экипажей В.П. Чкалова и М.М. Громова через Северный полюс в США, когда значительная часть маршрута проходила в режиме слепого полета [5].

¹⁾ 603950, Нижний Новгород, Россия; E-mail: malykin@ ufr.ap-
pl.sci-nnov.ru; grig-malykin@yandex.ru

В конце 1932 г. советские инженеры Л.М. Кофман и Е.Б. Левенталь предложили и вскоре реализовали схему ИНС [6], основанную на двойном интегрировании ускорений. В настоящее время основные идеи схемы ИНС Кофмана – Левенталья (далее схема К–Л) [6] используются в большинстве ИНС, базирующихся на применении механических гироскопов. История создания и совершенствования ИНС в нашей стране и за рубежом, в которой принимали участие сотни исследователей, достаточно подробно описана в [7, 8], вопросы, связанные с разработкой схемы К–Л, – в [7–9]. На эту схему ИНС имеются ссылки в большом числе работ, в т. ч., и по истории ИНС, но в некоторых больших исторических обзорах (см., напр., [10, с. 370]) она упоминается лишь вскользь.

Цель данной работы – показать, люди какой необычной и даже трагической биографии, занимались первыми исследованиями ИНС. Другая цель работы – рассмотреть вопрос о том, как схема К–Л оказалась в Германии, а затем и в США и почему в 50-е гг. в СССР «... инерциальная навигация ... кружным путем пришла из-за океана...» [11, с. 214].

1. Краткое жизнеописание Л.М. Кофмана и Е.Б. Левенталья



Лазарь Моисеевич
Кофман

Подробное жизнеописание Л.М. Кофмана и его семьи приводится в статье его дочери [12]. Лазарь Моисеевич Кофман родился в 1894 г. в Одессе, жил в Бессарабии (в то время – Румынии), в 1914 г. переехал во Францию, в 1914–1918 гг. был интернирован. В 1918 г. возвратился в Бессарабию, в 1920 г. вновь переехал во Францию. Окончил электромеханический институт в Нанси, работал в различных французских фирмах, с 1925 г. – в торгпредстве СССР как инженер-электрик. Член ВКП(б) (в 1924–1930 член КП Франции). В 1930 г. выслан вместе с женой из Франции в СССР как нежелательный элемент в связи с активной политической деятельностью.

Работал в НИИ № 12 инженером-авиаконструктором. Начальник сектора НИИ № 2 Наркомата оборонной промышленности СССР. Проживал: Москва, ул. Большая Грузинская, д. 36, кв. 69. По личной резолюции Н.И. Ежова от

15.12.1937 г., арестован 17 декабря вместе с женой и братом по т. н. «бессарабскому делу». Р.Б. Билик-Герценштейн (1869–1941, теща Л.М. Кофмана и бабушка его дочери Майи Кофман-Герценштейн (р. 26.05.1930)), рассказывала, будто Л.М. Кофмана видели на каком-то заводе или в институте, куда его приводили под конвоем [12]. Приговорен ВКВС СССР 14 июня 1938 г. по обвинению в шпионаже и в тот же день расстрелян вместе с женой. Место захоронения – Моск. обл., Коммунарка. Реабилитирован 10 ноября 1956 г. ВКВС СССР.

Отметим, что бессарабским землячеством руководил Христиан Раковский (1873–1941) – профессиональный революционер и крупный советский политический деятель. Он был арестован 27.01.1937 года и осужден на 20 лет тюремного заключения. В 1941 году при приближении немецких войск к городу Орлу расстрелян. От арестованных по бессарабскому делу добивались компрометирующих Раковского материалов, сообщений о его троцкистской деятельности.

Жена Л.М. Кофмана Анна Владимировна Кофман (урожденная Герценштейн) (1900–1938), родственница члена Первой Государственной думы от партии кадетов М.Я. Герценштейна (1859–1906) [12]. После 1904 г. жила во Франции, получила в Гренобле высшее электротехническое образование и работала в различных фирмах. В 1930 году вместе с мужем уехала в СССР, где работала на Московском Центральном телеграфе заведующей бюро технической информации и переводов. Обвинялась как активная участница антисоветской, троцкистской, шпионской, террористической организации, подготавливавшей по заданию французского фашиста Жака Дорио (1898–1945, видный французский коммунист, заместитель Мориса Тореза, впоследствии видный фашист, коллаборационист) террористические акты над руководителями партии и правительства, виновной себя не признала. Приговорена ВКВС СССР 14 июня 1938 г. по обвинению в шпионаже и в тот же день расстреляна.

У Л.М. Кофмана было два брата:

1. Самуил Кофман (1899–1950). Чл. коммунистической партии Германии (1922–1927), с 1927 чл. ВКП(б). В Германии работал в торгпредстве СССР, где помогал М.Ф. Андреевой [12] в реализации реквизированных ценностей. В СССР учился в 1-ом МГУ (МГПИ) на факультете права, работал в НКВД СССР, затем учился в институте красной профессуры.

В 1934–1936 гг. секретарь полпредства в Литве, с 1936 г. – референт в НКВД СССР. Арестован 17 декабря 1937 г., 4 января 1939 г. приговорен ОСО при НКВД СССР к 5 годам ИТЛ. В 1950 г. на Колыме покончил с собой после приговора о вечном поселении [12].

2. Рафаил Кофман (1908–1987). Участник ВОВ, известный советский шахматист [12]. Учился в Праге, затем, приехав к старшим братьям в Москву, закончил МВТУ им. Баумана. 23.06.1941 г. ушел в действующую армию, воевал, был в окружении, воевал в партизанском отряде, попал в немецкий плен и заболел тифом. За ним ухаживал немецкий врач и, чтобы никто не узнал, что Рафаил еврей, этот врач оставался с ним круглосуточно, никого не подпуская к нему [12]. После возвращения он попал в фильтрационные лагеря, но не был сослан или арестован, а снова начал работать по специальности [12].



Евгений Борисович
Левенталь

О жизни Евгения Борисовича Левенталь (25.06.1901–11.07.1957) имеются весьма скудные сведения. Известно только, что после ухода из отдела Л.М. Кофмана он преподавал в МВТУ им. Баумана на вновь организованной в 1938 г. кафедре «Авиационные приборы» [13]. В конце 40-х гг. он, по-видимому, работал в ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского – так как опубликовал там монографию [14].

В 1949 г. Е.Б. Левенталь совместно с Г.О. Фридлиндером (1904–1965) и Б.В. Булгаковым (1900–1952) подал заявку на изобретение о демпфировании гироскопа с интегральной коррекцией с помощью гироскометра [15], которая будет рассмотрена ниже. По отзывам работавших с Левенталем, это был скромный, деликатный человек и очень грамотный специалист [16–18]. По словам одного молодого специалиста, работавшего на предприятии № 3731 (филиал НИИ-1), Н.А. Парусникова, который познакомился с Левенталем в 1955 г., Е.Б. уже тогда был очень больным, задавленным жизнью человеком. Руководство филиала НИИ-1 предоставило ему однокомнатную квартиру в ведомственном доме на Лихачевском шоссе (ныне ул. Онежская), что в то время было исключением [18]. Похоронен Е.Б. Левенталь на Новодевичьем кладбище.

2. Первый этап реализации схемы Кофмана–Левенталя

В соответствии со схемой К–Л [6], предназначенной для навигации объектов движущихся вблизи поверхности Земли, подробно описанной в [3, 7, 9], прибор, который именовался «Универсальный ориентир» (УО), состоял из гироплатформы, стабилизируемой в горизонтальной плоскости двумя гироскопами по трем осям и жестко связанными с нею двумя ньютонометрами (акселерометрами), которая управлялась сигналами от ньютонометров. Кроме того, УО включал в себя две стойки с электронной и электрической аппаратурой [9]. Как показано в [3, 7], такое устройство является моделью маятника М. Шулера (1882–1972) [19] (период колебаний 84,4/мин). Схема К–Л послужила прообразом современных ИНС с горизонтируемой платформой [3, 7].

Следует отметить, что еще в 1903–1911 гг. в России и США подавались заявки [20–22], имеющие цель заменить астрономическое определение места, требующее наблюдения светил и горизонта, работой механической системы, содержащей гироскопы, акселерометр и часы. Идея двойного интегрирования показаний акселерометров была высказана Р. Вуссовым (Гуанджоу, Китай) в [23], патенте, подробно рассмотренном в [24].

На платформе, стабилизированной с помощью гироскопов по трем осям, помещено два ньютонометра (акселерометра) с взаимно ортогональными горизонтальными осями чувствительности. Каждый из них управляет прецессией платформы вокруг горизонтальной оси, перпендикулярной оси чувствительности ньютонометра. Основной элемент новизны предложения состоял в способе вычисления корректирующего момента, налагаемого на гироскопы. Упомянутый момент, а следовательно, и соответствующая скорость прецессии выбирались так, чтобы платформа оставалась в горизонтальном положении при любом движении объекта по поверхности Земли.

Можно количественно сформулировать основной результат Кофмана и Левенталя. Как было впоследствии показано А.Ю. Ишлинским [7], для случая если вращающаяся Земля имеет форму идеального шара радиуса R , путь s , пройденный объектом, можно определить из следующего соотношения:

$$s = \int_0^t v(t) dt = \int_0^t \int_0^t a(t) dt^2 = (R/H) = \int_0^t M dt, \quad (1)$$

где v – скорость объекта, a – ускорение объекта, M – собственный кинетический момент гирокомпаса, H – коррекционный момент силы, приложенный к гирокомпасу, t – время. Отметим, что прилагать коррекционный момент силы к оси гироскопа предложил еще в 1852 г. Л. Фуко (1819–1868). В этом случае ось гироскопа ориентируется уже не на некоторую «неподвижную звезду», а в направлении «Север–Юг» на поверхности вращающейся Земли и становится гироскопом. Иными словами, возникает момент силы, возвращающий ось гироскопа в меридиан. Подробнее об истории создания механического гироскопа в [7].

Это предложение Кофмана и Левенталья как бы соединяло в одном устройстве два сформулированных ранее метода навигации – метод, по которому с помощью гироскопов и маятника моделируется астрономическое определение места, и метод вычисления пройденного объектом пути двойным интегрированием показаний ньютонометров [7].

Вместе с тем, Кофман и Левенталь еще не указали точного алгоритма управления стабилизированной площадкой в азимуте и правительных зависимостей для вычисления влияния вертикальных ускорений объекта [7].

Последующий анализ схемы К–Л показал, что с ее помощью могла быть решена только упрощенная задача инерциальной навигации для так называемой цилиндрической Земли [9, 25]. Для решения навигационных задач на сферической Земле схема К–Л нуждалась в замене вторичных интеграторов навигационным вычислителем, алгоритм функционирования которого был позднее получен А.Ю. Ишлинским [9, 25].

Сначала в этой разработке участвовала группа из пяти человек, формально возглавляемая не М.Л. Кофманом, а по обычаю того времени, капитаном Красной Армии Бартяном [16, 18]. В группу, помимо авторов [6], входили инженер Мягков и техник [16, 18]. В те времена было принято выдвигать на руководящие посты и привлекать к разработке новой техники простых людей без образования, и Мягков, очень желавший попасть в группу Бартяна, пошел на хитрость. Он явился в Москву с Урала одетый как пастух – в лаптях – с идеей о создании системы навигации для самолетов, позволяющей им ориентироваться ночью в слепом полете. Эта идея возникла у него, якобы, во время наблюдения за самолетами, которые пролетали над тем местом, где он пас скот

[16, 18]. Мягков добился приема у начальника вооружений РККА (в 1932–1934 гг. это был М.Н. Тухачевский) и немедленно был включен в группу Бартяна [16,18]. Только в 70-е гг. вскрылось, что это была мистификация – на самом деле в 1932 г Мягков учился на 3-м или 4-м курсе МВТУ и имел уже несколько зарегистрированных изобретений [16,18].

В 1933 г. М.Л. Кофман работал в «НИИ Материалов» НКПС и добился организации в этом институте Особого КБ, куда перешел и Е.Б. Левенталь. В 1934 г. КБ было переведено в Московский институт Всесоюзного объединения точной индустрии Главтопчама НКТП (МИ ВОТИ), причем Кофман был назначен начальником «Сектора №2», а Левенталь – его заместителем [9]. В 1935 г. Кофман подал еще одну заявку на изобретение электрического интегратора [26]:

«... Интеграторы могут находиться на одной площадке с акселерометрами или быть дистанционно связаны с ними. Интеграторы показывают путевую скорость подвижного объекта, ориентированную по отношению к меридиану. <...> Счислитель пути определяет компоненты пути, пройденного по земной поверхности или по сфере, концентричной с земной».

Отметим, что в патенте [6] конкретная схема интегратора не раскрывается, она описана в заявке Кофмана [26], которая была подана в 1935 г. В [6] интегратор – это дифференциальный часовой механизм с подмагничиванием от катушек с током. При отсутствии тока ход обоих идентичных часовых механизмов в точности вычитается один из другого. При наличии тока, сила которого пропорциональна скорости объекта, происходит подмагничивание стальных спиральных пружин балансиров часов, причем с противоположным знаком. При этом период собственных колебаний одного балансира возрастает, другого убывает и разность хода часов пропорциональна пройденному пути. В 1935 г. Кофман предложил усовершенствовать рассмотренный интегратор, изменив конструкцию и материал спиральных пружин балансиров, что позволяло интегратору функционировать практически в линейном режиме [26].

Из [18, 27] следует, что творческой работой в основном занимался Е.Б. Левенталь, из [7] – что это в основном Л.М. Кофман.

Между тем в работе «Сектора № 2» возникли серьезные проблемы. Дело в том, что исследуемое устройство первоначаль-

чально было предназначено для авиации, но оказалось слишком тяжелым и крупногабаритным для установки на самолете [9]. Но при использовании для морской навигации при многодневном плавании устройство обладало недостаточно высокой точностью [9]. Кроме того, в 1932 г. авторы ошибочно полагали, что неточность в работе устройства не будет накапливаться со временем [9].

В 1936 г. Е.Б. Левенталь отказался от совместной работы с Кофманом и уволился из КБ. Ввиду непригодности прибора ни для авиации, ни для флота Кофман в 1936 г. приступил к созданию нового прибора – УО-37 и на его основе – гировертикали [9, 27]. Схема УО-37 имела три отличия от схемы УО [9]:

1. Введение позиционной коррекции с целью демпфирования гиригоризонта.

2. Введение позиционной коррекции азимутального гироскопа, с целью превращения прибора в демпфированный гироскопас.

3. Возможность превращения прибора в комбинированный гириполукотпас-горизонт с помощью электрического переключения.

В конце 1937 г. Л.М. Кофман был арестован, а в 1938 г. заказчик прекратил дальнейшее финансирование прибора. Несмотря на это продолжались лабораторные испытания прибора, который оказался в ведении В.А. Венгерова, но не привели к удовлетворительному результату. В испытаниях прибора участие принимал штурман экипажа М.М. Громова, Герой Советского Союза С.А. Данилин (1901–1978, генерал лейтенант авиации) [5]. Тем не менее, этот прибор следует рассматривать не как ИНС, а как действующий макет ИНС [18].

Судьба инженера Мягкова сложилась неудачно. Когда началась волна репрессий, он шел за благо уволиться и уехал в Харьков, где работал инженером на заводе. В 70-е гг. А.Ю. Ишлинский узнал о том, что Мягков живет на мизерную пенсию, и добился для него прибавки к пенсии [18].

3. Первый этап продолжения исследования схемы Кофмана – Левенталя в СССР

Работы Б.В. Булгакова и Л.И. Ткачева. В 1938 г. по заданию С.А. Данилина Б.В. Булгаков и большая группа исследователей, в которую входил, в частности, подчиненный В.А. Венгерова, выпускник МВТУ Л.И. Ткачев (1916–1974,

профессор МЭИ), выполнили теоретические расчеты для оценки дрейфа нуля прибора [5, 29]. Результаты расчетов были подготовлены в 1938 г., а в 1939 г. в нескольких экземплярах был отпечатан закрытый отчет за подписью нового зав. сектора Маринина [30]. Спустя 30 лет отчет был случайно обнаружен одним из его соавторов [30], В.А. Венгеровым, рассекречен и опубликован в открытой печати [31], но уже за подписью одного Б.В. Булгакова. Относительно выводов [30, 31] существуют разные мнения. Так в [5, 29] утверждается, что Б.В. Булгаков и соавторы сделали вывод о том, что прибор содержал методические погрешности, не устранимые никакими его конструктивными изменениями. В [16, 18] полагается, что из статьи Булгакова [31] такой вывод не следует. В виду большой важности заключения Булгакова и его группы [30] процитируем здесь заключительный 10-й параграф (выводы) по открытой публикации [31. С. 23]:

«Суммирование ошибок. Необходимо иметь в виду, что при сделанных выше оценках прибора принимали во внимание лишь ошибки “схемные”, зависящие от принципиальной схемы прибора, а потому не устранимые никакими конструктивными улучшениями.

Аналогичные девиации имеют все мыслимые гироскопические приборы, например, гироскопы».

Очевидно, что в [31] однозначно сделан вывод о непригодности схемы К-Л для создания ИНС.

Несмотря на то, что Л.И. Ткачев был соавтором [30], т.е. подписался в выводе о бесперспективности работы над ИНС, он тем не менее продолжил работы в данном направлении. Описание всех этапов деятельности Л.И. Ткачева и ссылки на его многочисленные научные работы весьма подробно приводятся в [29, 32]. Здесь же укажем только, что в 1942 г. Л.И. Ткачев работал в МЭИ и на авиационном заводе им.



Леонид Иванович
Ткачев



Борис
Владимирович
Булгаков

Серго Орджоникидзе в г. Горьком, где им был предложен безплатформенный ИНС (БИНС). 18.01.1943 г. его доклад был рассмотрен и одобрен в эвакуированном в Саратов ЛГУ. В этом докладе он сформулировал и доказал т.н. теорему Ткачева о возможности определения местоположения объекта с помощью БИНС [29]. В 1944 г. он защитил кандидатскую диссертацию в МЭИ, в 1949 г. опубликовал свои результаты в открытой печати [33], а в 1973 г. – в учебном пособии [32], которое фактически являлось монографией. В отличие от [6], в [33] было учтено влияние высоты полета объекта на показання БИНС. В литературе приводятся различные оценки результатов Л.И. Ткачева, порой прямо противоположные (см., напр., [34, 35]).

Среди гироскопистов ходили достойные сожаления разговоры о том, что в 1938 г. Л.М. Кофман и Е.Б. Левенталь направили в бюро по изобретениям некую заявку на изобретение, в которой была предложена схема ИНС, значительно более совершенная, чем рассмотренная [6, 27] ([36]). Эта заявка, якобы, попала рецензию к Л.И. Ткачеву, который работал в бюро экспертом [36]. Заявка в определенном смысле якобы «понравилась» Ткачеву, и он дал на нее отрицательную рецензию, а так же написал донос на авторов заявки, после чего Л.М. Кофман был расстрелян, а Е.Б. Левенталь получил длительный срок заключения [36]. В дальнейшем Ткачев якобы использовал эту заявку для своих разработок. В 1955 г. освобожденный и реабилитированный Е.Б. Левенталь перед смертью якобы успел рассказать правду. Узнавший об этом А.Ю. Ишлинский долго пытался официально восстановить справедливость, но не получил на это разрешения. Тогда он стал в ряде своих публикаций употреблять термин «схема ИНС Кофмана – Левенталья», чтобы хотя бы косвенно восстановить справедливость. Версия эта совершенно не выдерживает критики: 1) Л.М. Кофман был расстрелян не по доносу, а по масштабному «бессарабскому делу»; 2) в 1938 г. Л.М. Кофман находился в заключении; 3) Е.Б. Левенталь уволился из КБ в 1936 г. (следовательно, в 1938 г. Л.М. Кофман и Е.Б. Левенталь вряд ли могли подать новую совместную заявку на изобретение); 4) поскольку в 1938 г. Л.И. Ткачев входил в группу Б.В. Булгакова, проводившую теоретический анализ разработки ИНС Кофмана и Левенталья [33], то он был знаком с мельчайшими подробностями технической реализации этого прибора, и ему

не нужно было изучать заявку на изобретение, кстати, скорее всего, никогда не существовавшую. Следует, однако, отметить, что, как указано выше, в разделе 1, что в 1938 г. Л.М. Кофмана видели на каком-то заводе или в институте, куда его приводили под конвоем [12]. Таким образом, существует некоторая вероятность существования неизвестной заявки Кофмана на изобретение ИНС. Отметим так же, что А.Ю. Ишлинский в ряде своих статей и монографий (см., напр., [7, 37, 38]), действительно использовал термин «схема ИНС Кофмана – Левенталя», отдавая приоритет в данном вопросе этим незаслуженно забытым в 50-е–60-е гг. инженерам-изобретателям.

В монографии [32] приводится довольно интересный и показательный эпизод, описывающий отрицательную и, можно сказать, издевательскую рецензию Л.И. Ткачева на заявку на изобретение Г.О. Фридендера, Б.В. Булгакова и Е.Б. Левенталя [15]. В заявке [15] была рассмотрена идея демпфирования гироскопа с интегральной коррекцией с помощью гиротахометра, установленного на этом гироскопе рядом с акселерометром. В [32. С.175] приводится текст этой рецензии:

«В заявке описана схема демпфирования с помощью двух специальных гироскопов. Авторы [15] утверждали, что эта схема обеспечивает затухание колебаний при сохранении невозможности по М. Шулеру.

Если бы прибор действительно обладал таким свойством, его важность была бы огромна. Однако это невозможно, как невозможен вечный двигатель. Утверждение о наличии затухания, содержащееся в заявке является ошибочным».

Отметим, что рецензии на заявки на изобретение пишутся экспертом Бюро, каковым, по-видимому, был Л.И. Ткачев. Вероятно, этот эпизод и послужил причиной необоснованных слухов о том, что в 1938 г. Ткачев написал отрицательную рецензию на некое изобретение Л.М. Кофмана и Е.Б. Левенталя.

Впрочем, следует отметить, что отношения авторов [15] и Л.И. Ткачева были вполне взаимными. В том же 1949 г. Ткачев направил в печать работу [39], а Г.О. Фридендер дал на нее отрицательную рецензию. Текст [39] был опубликован в виде Приложения III в монографии [32] только в 1973 г.



Александр
Юльевич
Ишлинский

Работы А.Ю. Ишлинского. Исследования ИНС А.Ю. Ишлинским (1913–2003, академик АН СССР и РАН) проводились во второй половине 50-х гг. [25, 40, 41, 43], их результаты подробно рассмотрены в [44–46]. В [25, 40–43] рассмотрена теория физического и математического маятника, пространственного гироскопа; предложен новый методический прием – введение сферы, совпадающей с земной поверхностью, но не участвующей в суточном вращении Земли; разработана теория невозмущаемой навигационной системы, построенной как сочетание гироскопа с гиросимулятором; доказана возможность строгого решения задачи автономного определения координат объекта интегрированием показаний ньютонометров.

Следует особо отметить, что в 1944–1952 гг. А.Ю. Ишлинский доказал т. н. теорему о телесном угле [47, 48] (см., так же [31, 38, 49]), которая была сформулирована следующим образом:

«Если в процессе вращения твердого тела с одной закрепленной точкой некоторая прямая описала замкнутую коническую поверхность как в теле, так и в пространстве, то угол поворота тела вокруг этой оси равен интегралу от проекции угловой скорости плюс разность телесных углов, описанных этой осью в теле и в пространстве» [50. С. 325].



Марк
Леопольдович
Еффа

Таким образом, если, например, корабль опишет на поверхности земной сферы некоторую замкнутую траекторию, то находящийся на его борту гироскоп отклонится на соответствующий угол [47, 48], что не следует из более ранних теорий гироскопа. Этот эффект в 1949 г. экспериментально зарегистрировал М.Л. Еффа (1925–1994, инженер разработчик) при испытаниях гироскопа на вибростолу. История открытия эффекта Ишлинского рассмотрена в [51]. Можно указать на интересную работу Д.М. Климова и В.А. Потапенко [52], в которой эффект Ишлинского был рассчитан с помощью отличных от [47, 48] математических вычислений.

Данный эффект находит приложение в теории относительности [53, 54, 55].

4. Первый этап исследований ИНС в Германии и США

И.М. Бойков (01.02.1878–12.07.1935) занимался весьма разносторонней деятельностью [56]. В возрасте 14 лет он поступил в Австрийскую военно-морскую академию во Фьюме, окончил ее в 1898 г. в чине мичмана. До 1908 года был лейтенантом фрегата Австро-Венгерского ВМФ, после женитьбы бросил службу и начал карьеру драматического актера. Он успешно играл в театрах США и в Германии в театре Макса Рейнхардта в Берлине [57]. В 1911 г. предложил измерять ускорение посредством двухкоординатного акселерометра, после чего с помощью часового механизма проводить интегрирование, а по полученной таким образом скорости вычислять пройденный путь [58] (об этом [8]). В 1914 г. он вернулся на флот, изобрел автоматический прицел для бомбометания, которое использовалось в годы Первой Мировой Войны, летал на морском (поплавковом) бомбардировщике [56, 57].

В конце войны ушел в отставку в звании лейтенанта-командора и занимался разработкой аппаратуры для фотограмметрии – стереоскопической фотосъемки с двух летящих параллельным курсом самолетов для восстановления рельефа земной поверхности в гражданских целях и работал в компании «С.Р. Гёрц», Берлин [57]. В 1928 г. он основал фирму «Messgerate Boykow GmbH» («Общество с ограниченной ответственностью Измерительные приборы Бойкова»), которая, однако, испытывала финансовые проблемы и в 1930 г. перешла в собственность фирмы «Сименс» [56, 59].

И.М. Бойков изготовил автопилот, который, в основном, повторял схему К–Л, но включал в себя 5 гироскопов фирмы Аншютц [60,61] – по одному на каждый руль и два



Иоганн М. Бойков



Чарльз С. Дрейпер

дополнительных со свободной прецессией в одной и той же плоскости, образующих так называемую инерционную рамку, назначение которой было воспринимать незначительные отклонения самолета. Оба гироскопа инерционной рамки вращаются в разные стороны со скоростью 20000 об/мин и благодаря системе стержней, связывающих их оси, меняют наклон в противоположные стороны. Вес прибора системы И.М. Бойкова – 55 кг. ВМФ Германии развернул испытания системы Бойкова, который сумел решить проблему устойчивого удержания самолета на курсе с помощью дистанционно управляемого компаса и нескольких противоположно вращающихся гироскопов. Опыты Бойкова завершились испытаниями дистанционно управляемого поплавкового биплана, который в 1931 году самостоятельно взлетел, совершил разворот в воздухе и благополучно приводнился в Киле [62]. В 1934 г. испытания автопилота Бойкова проводились на трехмоторном пассажирском самолете Юнкерс Ju.52/3m. Описание прибора приводится в [63, 64].

В 1934 г. Вернер фон Браун (1908–1976), занимавшийся созданием баллистической ракеты А-2, одной из предшественниц А-4 (V-2), заинтересовался автопилотом И.М. Бойкова:

«Фон Браун связался с компанией по производству гироскопов из Бритца под Берлином. Одним из ее директоров был бывший австрийский военно-морской офицер Бойков, высокий здоровяк с блестящими глазами и умным лицом, самой примечательной частью которого был крупный нос. Он вдохновлял работу фирмы и во всех вопросах, касавшихся гироскопов, далеко опережал свое время.

Когда фон Браун объяснил Бойкову, что ему нужно, тот ответил с улыбкой:

– Я много лет ждал, что поступит такой заказ, как от вас, и готовился к нему.

Выяснилось, что он не только размышлял, но и уже сделал несколько образцов и деталей для моделей. Далее последовал увлеченный обмен идеями. Этот одаренный, с ясным умом, ученый и практик оказал нам помощь, о которой мы могли только мечтать. Мы уяснили: дело было не только в том, чтобы с помощью гироскопов корректировать отклонение ракеты от оси полета, но и контролировать тенденцию к отклонению, едва только она начинает расти. Устранять колебательные движения ракеты в полете мы могли, только если успевали немедленно предпринимать

контрмеры. Аппаратура стабилизации должна была чутко реагировать на ускорение. Постепенно мы начали понимать, что наши слабые надежды стабилизировать крупные ракеты во время периода горения должны иметь под собой гироскопические системы, работающие по трем осям» [65. С. 51–52].

12 июля 1935 г., когда его изобретение получило хорошее финансирование от В. ф. Брауна и его инженера-администратора генерала В. Дорнбергера (1895–1980), И.М. Бойков умер от рака головного мозга. Ему были устроены государственные похороны, гроб несли военные летчики и моряки [56]. В годовщину его смерти 12.07.1936 г. в торжественной обстановке на территории фирмы «Сименс» был открыт памятник И.М. Бойкову в виде его бюста на высоком постаменте [56].

Патент [60] оказался в собственности фирмы «Сименс», где над разработкой ИНС работали К. Альтфатер и З. Райш [7]. В начале декабря 1937 г. в ходе испытаний ракеты А-3 доработанный прибор И.М. Бойкова был опробован [65]. В марте 1939 г. на испытаниях присутствовал А. Гитлер, но его интересовали не системы управления полетом, а сама ракета [65]. В годы второй мировой войны в Германии были созданы первые гироскопические ракетные приборы. Система гироскопических приборов ракеты Фау-2 (V-2), состоящая из гироскопа, гироскопического датчика регулирования скорости полета, стала классической системой гироскопических приборов в ракетной технике, не потерявшей своей актуальности и в настоящее время.

5. Анализ патентов И.М. Бойкова

Остается не вполне понятным, как одна и та же ИНС практически одновременно возникла в СССР и Германии, тем более что соответствующие исследования в СССР были строго засекречены. Существует конспирологическая версия этого вопроса, однако не нашедшая документальных подтверждений. Среди гироскопистов бытовало мнение о том, что один из братьев М.Л. Кофмана поддерживал связь с И.М. Бойковым [18]. Этим братом мог быть С.Л. Кофман, долгое время живший в Германии и Литве. История спасения Р.Л. Кофмана из немецкого плена и его освобождения контрразведкой СМЕРШ из фильтрационного лагеря так же наводит на определенные соображения. Впрочем, все может

быть гораздо проще: И.М. Бойков еще в 1911 г. занимался данным вопросом [58] и мог независимо прийти к идее ИНС. В энциклопедической статье [63] за 1932 г. указано, что И.М. Бойков успешно применял свой автопилот на транспортном одномоторном самолете Юнкерс W.33. Следует указать, что Бойков совместно с фирмой «Сименс» имел 24 патента на схему автопилота, в том числе, 10 патентов, непосредственно связанных с работой автопилота [60, 61, 66–73], заявленных в период 1927–1934 гг. Отметим, что патентованные осуществлялись параллельно в Германии и США, но только для патента [60, 61, 66–73], на который часто ссылаются в литературе по ИНС, известен номер германского патента. В то же время американские патенты Бойкова [60, 61, 66–73] имеются в свободном доступе. Казалось бы, Бойков совершенно не нуждался в схеме К–Л [6] и у него не было никакой необходимости получать какие либо сведения через С.Л. Кофмана. Но, с другой стороны, Л.М. Кофман и Е.Б. Левенталь также не имели никакой необходимости получать какие либо сведения через С.Л. Кофмана о работах И.М. Бойкова: в то время у СССР и Германии были хорошие отношения и немецкие аналоги патентов [60, 61, 66–73] можно было заказать. Более того, схема автопилота Бойкова была подробно рассмотрена в энциклопедической статье [63].

Анализ патентов Бойкова [60, 61, 66–73] показывает, что в его более ранних заявках [66–69] рассматривались только различные схемы автопилота, а в [70] – гироскопический маятник. Три заявки, поданные Бойковым 10.01.1934 г. [60, 61, 71], фактически описывают одно и то же устройство, но предназначенное для различного применения: [60] – это «Устройство для измерения расстояний», [61] – «Прибор для указания навигационных факторов», а [71] – «Стабилизирующий и ориентирующий аппарат». Таким образом, в [60, 61] рассмотренное устройство применяется как ИНС, а в [71] – как автопилот. [60] и [61] – это фактически один и тот же патент, но [60] запатентован в Германии, а [61] – в США. Еще одно различие [60, 61] и [71] – соавторы И.М. Бойкова. В [60] это фирма «Сименс», в [61] – соавторы отсутствуют, в [71] – его жена Бианка и дочь Эрика. По-видимому, И.М. Бойков хотел обеспечить свою семью. Отметим, что 06.10.1934 г. он подал еще две заявки на патенты: [72] – автопилот для полета по земному кругу большого радиуса (очевидно, для управления баллистической ракетой) и [73] –

гироскопический маятник. Далее нас будут интересовать патенты [60, 61], так как именно на них часто ссылаются при рассмотрении истории создания ИНС. Приведем здесь мнение А.Ю. Ишлинского:

«Вел разработку инерциальной системы навигации для кораблей и самолетов и немецкий изобретатель И. Бойков (с 1928 по 1933 г.). Примечательно, что он получил патент (“Измеритель пути”), в котором описывалась система, в основных своих чертах совпадающая со схемой Кофмана и Левенталя. Отличие состояло в том, что для стабилизации площадки с акселерометрами предлагались двухстепенные гироскопы с поплавковым подвесом, а для измерения и интегрирования – двойной роторный акселерометр <...>

Видимо, Кофман был первым, кто теоретически исследовал предложенную им совместно с Левенталем схему инерциальной навигации и пришел к выводу, что платформа системы должна в общем случае совершать незатухающие колебания (наподобие гировертикали Шулера)» [7. С. 352–353].

Выходит так, что Бойков с 1927 г. занимался весьма близкими вопросами и в начале 1934 г. неожиданно подал заявки на ИНС [60, 61]. Если учесть, что между подачей заявки Л.М. Кофмана и Е.Б. Левенталя [6] (26.12.1932 г.) и подачей заявки И.М. Бойкова [60, 61] (10.01.1934 г.) прошло чуть более года, становится понятно, что некто сообщил ему о создании ИНС в СССР. Поскольку заявка [6] была засекречена в СССР и авторское свидетельство по [6] было опубликовано только 21.07.1966 г., то, вероятно, имела место утечка информации из СССР в Германию. Бойкову было не слишком сложно доработать одну из модификаций его автопилота [66–69] до ИНС, но для проверки идеи [6] и написания заявки на патент (10.01.1934 г.) ему требовалось некоторое время и, следовательно, утечка информации могла произойти в начале 1933 г. Бойкову было необходимо изготовить и опробовать интегратор. Анализ патентов Бойкова [60, 61, 66–73] показывает, что в его более ранних заявках [66–69] вообще не рассматривалось интегрирующее устройство. В заявках [60, 61], поданных 10.01.1934 г., это устройство уже фигурирует. Интегратор Кофмана и Левенталя [6] и интегратор Бойкова представляют собой маховик, соединенный с физическим маятником, его работа подробно рассмотрена в [2, 49].

6. Дальнейшие исследования ИНС в США

В мае 1945 г. В. фон Браун и В. Дорнбергер вместе с сотрудниками сдались американским войскам и передали им оставшиеся ракеты V-2 и всю техническую документацию. Следует отметить, что еще в 1946 г. США значительно отставали от СССР по созданию ИНС и, более того, там еще не было ясного понимания принципов ИНС [5]. Сначала работы проводились Э. Фишелем в исследовательском центре «Форт Блисс» [7]. В дальнейшем совершенствованием прибора Бойкова, а по большому счету – схемы К–Л, занималась «Приборная Лаборатория МИТ» под руководством Ч.С. Дрейпера (1901–1987). В США ИНС применялась на крылатой ракете «Навахо» (проект 1946–1957 гг., не пошел в серию) и первой в мире АПЛ «Наутилус» (1954 г.) [16].

В 1969 г. Ч.С. Дрейпер посетил СССР. Ниже приведем воспоминания М.Л. Еффа:

«... Речь идет о встрече в Институте механики МГУ с проф. Чарльзом С. Дрейпером, основателем и многолетним руководителем Приборной Лаборатории МИТ, возглавлявшем разработку приборов для баллистических ракет, которыми были вооружены атомные подводные лодки “Полярис”. Профессор Дрейпер, занимавший тогда почетный пост президента Международного Союза Астронавтики, был приглашен в Москву академиком А.Ю. Ишлинским <...> Тема встречи – проект полета Человека к Луне с высадкой на ее поверхности и возвращением на Землю – проект “Аполлон”. Профессор был назначен руководителем разработки системы управления полетом <...> Присутствовавший на встрече автор воспроизводит диалог <...>:

«Проф. Дрейпер: Меня пригласил президент Кеннеди и спросил, можно ли создать приборы для полета Человека на Луну и его возвращения на Землю?

– Да, сэр.

– А может ли Ваша Лаборатория взяться за создание таких приборов?

– Да, сэр.

– А когда могли бы быть изготовлены эти приборы?

– Прежде, чем они Вам понадобятся, сэр.

– А как мне узнать, говорите ли Вы мне правду?

– Я готов полететь сам испытывать свои приборы.»

И так я получил эту работу – заключил свой впечатляющий рассказ Ч. Дрейпер» [74. С. 7].

Разумеется, ИНС «Водолей», установленная на корабле «Аполлон», существенно отличалась от ИНС [6], но в ее основе лежала схема К–Л.

7. Причины задержки создания ИНС в СССР

В начале 30-х гг. СССР опережал Германию и тем более США в создании ИНС и надо было только доработать схему К–Л [6]. Но вмешалось много объективных и субъективных обстоятельств: волна репрессий 1937–1938 гг., уход из сектора Левенталя и Мягкова, арест и расстрел Кофмана, прекращение финансирования проекта, отрицательный отзыв Б.В. Булгакова [30]. В 1943 г. после доклада Л.И. Ткачева в ЛГУ [5, 29], казалось, имелись все возможности для скорейшего создания ИНС, точнее говоря, БИНС. Но тут сказались некоторые особенности характера Л.И. Ткачева. Приведем здесь две его характеристики:

«... у него был весьма непростой характер – его оторванность от коллективов, в которых велись практические разработки навигационных систем, и это создавало трудности в общении» [16. С. 180];

и

«Человек одержимый, Ткачев опередил свое время и так и не смог прижиться в настоящем, рвался в будущее. <...> Лев Иванович принадлежал к типу людей, обреченных на неудачу в практических делах. Блестящая идея, опередившая свое время, никак не желала в его руках превращаться в осязаемый продукт. Даже через годы, когда у Ткачева, казалось, появились все возможности: мастерские, лаборатории, цеха, – дальше единичных экземпляров дело не шло. Для успешной организации производства требуется иной талант. Мне Ткачев уделял особое внимание. <...> Льва Ивановича куда больше влекла фамилия [Хрущев]. Ему представлялось, что с ее помощью он сможет наконец отыскать выход из тупика» [11. С. 215].

Первый макет системы ИНС был испытан в 1953 г. на самолете ИЛ-14 [16]. В 1954 г. по Постановлению Правительства создается научно-исследовательский комплекс со своим производством – филиалом НИИ-1 МАП, на который возлагается задача проектирования ИНС «Земля» для разработки в это время крылатой ракеты «Буря» (изделие 350, 1954–1960) [16]. На первом этапе работу комплекса курировал М.В. Келдыш (1911–1978). В 1960 г. тема «Буря»

была закрыта. Прошла серьезная реорганизация, и коллектив, разрабатывавший ИНС, практически распался [16].

Следует отметить, что еще в 1934 г. в СССР было осуществлено практическое применение БИНС на самолете Р-5 [75]. Но, во-первых, эта БИНС работала не более минуты, в момент выхода Р-5 из «штопора», и, во-вторых, она не функционировала в масштабе реального времени – показания гироскопов и акселерометров регистрировались самописцами, а потом, на Земле, бригада вычислителей обрабатывала эти записи посредством арифмометров [7, 8].

В 30-е гг. в развитие гироскопии и навигации в СССР (так же, как в самолетостроении и ракетостроении) проходило в тяжелейших условиях шпионмании и взаимной подозрительности, что значительно тормозило работу. Так, Кофман был расстрелян, а Левенталь и Мягков были вынуждены уволиться из НИИ-12, что, в конечном итоге, спасло им жизнь. А ИНС Кофмана и Левенталья дорабатывали и совершенствовали уже другие исследователи. Но и в 40-е гг. обстановка в этой области не стала намного лучше: шпионмания сменилась атмосферой взаимной неприязни. В разделе 3 описано, как Л.И. Ткачев «зарубил» заявку на изобретение Г.О. Фридендера, Б.В. Булгакова и Е.Б. Левенталья [15], а Г.О. Фридендер «зарубил» статью Л.И. Ткачева [39]. Можно привести еще один пример недоброжелательности: сначала руководителем кандидатской диссертации крупного советского гироскописта Г.И. Васильева-Люлина (1917–1991) [76] был Б.В. Булгаков, но после прочтения черного варианта диссертации, он отказался от руководства, мотивируя свой отказ тем, что в

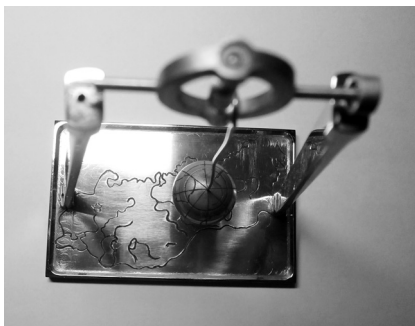


Г.И. Васильев-
Люлин

работе нет сложной математики, а рассматриваются только дифференциальные уравнения 2-го порядка. По протекции А.Ю. Ишлинского, руководителем был назначен С.О. Доброгурский (проф. МВТУ, 1879–1967) [16, 18].

Но были и позитивные примеры. Например, А.Ю. Ишлинский был человеком доброжелательным и приходил на помощь исследователям, оказавшимся в тяжелой жизненной ситуации.

В 1967 году отмечали 50-летие Г.И. Васильева-Люлина:



Подарок Г.И. Васильеву-Люлину
на юбилей



«... Подарков было много, был и один символический – сделанный в цехе. На плоской подставке выгравированы контуры СССР, на стойках размещен карданный подвес с миниатюрными шариковыми(!) подшипниками и на них на проволочке подвешен шар с контурами материков, символизирующий Землю. Земля-шар качалась, как маятник. Можно было качнуть в одну сторону, потом в поперечную, и шар описывал круги, эллипсы... колебания складывались. На сторонах были надписи – “Георгию Ивановичу в день 50-летия”, “Г.И. Васильев-Люлин”, “М. Шулер”, “Е.Б. Левенталь”, т. е. все причастные к этой идее» [77].

Но у подставки было только 4 стороны и для имени Л.М. Кофмана места не нашлось. Отметим здесь, что, как указал Б. Черток (1912–2011),

«... Васильев-Люлин обнаружил в литературе, что еще в 1932 году советский инженер Е.Б. Левенталь предложил гирокосмическую вертикаль с так называемой интегральной коррекцией, теория которой была разработана Б.В. Булгаковым в 1938 году. Но практическая реализация такой вертикали при ошибках, не превышающих одну-две угловых минуты относительно истинной вертикали данного места, оказалась невозможной. В нашем предложении (идеи были развиты Васильевым-Люлиным) свободный гирокосп Левенталья заменялся направлением на звезду – этим сразу исключалась большая по тем временам ошибка свободного гирокоспа» [78. С. 282].

И еще один момент: в США к рассматриваемым разработкам проявлял интерес Дж.Ф. Кеннеди – первое лицо го-

сударства [74], а в СССР всего лишь сын первого лица – С.Н. Хрущев (1935–2020), да и то, потому что писал у Л.И. Ткачева дипломную работу [11]. Различным было и отношение к памяти изобретателей: И.М. Бойкову поставили памятник, Ч. Дрейпер введен в Национальный зал славы изобретателей США, его именем названа лаборатория, отделившаяся от МИТ, а Л.М. Кофман лежит в безымянной братской могиле в Коммунарке.

Заключение

20-е–30-е гг. прошлого века были романтическим периодом в создании гироскопии и навигации. Помимо профессионалов в этой работе участвовали лица, профессионально не вполне подготовленные к этой деятельности. Например, Бартян был красным командиром, Мягков – позиционировал себя пастухом. Но и в Германии имела место сходная ситуация: И.М. Бойков был военным моряком, актером и специалистом по фотограмметрии; изобретатель гирокомпаса Г. Аншютц-Кемпфе (1872–1931) по образованию был специалистом по творчеству венецианских художников эпохи Возрождения, за что в 1896 г. получил степень доктора философии; даже научный консультант фирмы «Аншютц и К°» А. Эйнштейн был специалистом по теории относительности. В середине 30-х гг. первые разработчики ИНС по разным причинам «вышли из игры»: Л.М. Кофман был расстрелян, Г. Аншютц-Кемпфе и И.М. Бойков умерли, а Е.Б. Левенталь хотя и сохранил жизнь, но провел ее в депрессии и не осуществил и малой доли того, на что был способен. А когда в 40-е–50-е гг. в эту область пришли специалисты высочайшего класса по классической механике, работа над созданием ИНС была, в основном, завершена. Разумеется, совершенствование ИНС происходит и по сей день, но в основе всех ИНС, использующих как механические, так и оптические гироскопы, лежит схема К–Л.

Автор выражает благодарность В.П. Визгину, Н.В. Вдовиченко, Н.И. Кробке, Н.А. Парусникову С.А. Харламову и В.Ф. Чубу за обсуждение рассматриваемой задачи, А.А. Головану, Д.М. Климову, Г.В. Колесниковой и О. Трули за содействие в изыскании ряда труднодоступных источников, Я.В. Малыкиной и В.И. Поздняковой за помощь в работе. Работа поддержана проектами по Государственному заданию № 0035-2019-0013 и № 0030-2021-0013.

Литература

1. Чуб В.Ф. Основы инерциальной навигации. – М.: URSS. ЛЕНАНД. 2014. 200 с.
2. Ишлинский А.Ю. Классическая механика и силы инерции – М.: Наука. 1987. 320 с.
3. Климов Д.М. Инерциальная навигация на море. – М.: Наука. 1984. 116 с.
4. Мартыненко Ю.Г. Инерциальная навигация. // Соровский общеобразовательный журнал. 1998. № 8. С. 102–107.
5. Данилин С.А. Предисловие / кн. Ткачев Л.И. Системы инерциальной ориентировки. Ч. I.– М.: МЭИ. 1973. С. 5–8.
6. Кофман Л.М., Левенталь Е.Б. Навигационный прибор для регистрации пройденного пути и скорости // Авт-е свид. 184465 по заявке 120951/40-23 от 26.12.1932. Оpubл. 21.07.1966. Бюллетень № 15.; Оpubл. описания 12.09.1966.
7. Ишлинский А.Ю. К истории гироскопических и инерциальных систем // В кн. Ишлинский А.Ю. Механика: идеи, задачи, приложения. – М.: Наука. 1985. С. 288–369.
8. Ишлинский А.Ю. Истоки пространственной инерциальной навигации / В кн. Ишлинский А.Ю. Механика: идеи, задачи, приложения.– М.: Наука. 1985. С. 369–375.
9. Ларченко П.Ф. Анализ работ по созданию комплексной системы «Универсальный ориентир» (УО) // Из истории авиации и космонавтики. 1975. Вып. 25. С. 73–82.
10. Чачикян Р.Г., Кузьмина Ю.И. Средства управления полетом самолета / В кн. Развитие авиационной науки и техники в СССР. Историко-технические очерки. АН. СССР, Советское национальное объединение историков естествознания и техники, Институт истории естествознания и техники, – М.: Наука. 1980. С. 352–395.
11. Хрущев С.Н. Никита Хрущев. Рождение сверхдержавы – М.: Вече. 2019. 608 с.
12. Кофман-Герцештейн М. Бессарабское дело // www.index.org.ru/memoirs/kofman.html
13. История кафедры ИУ-2 // iu2.bmstu.ru/history.html
14. Левенталь Е.Б. Динамика автоматического регулирования оборотов авиамотора винта изменяемого шага. – М.: ЦАГИ, 1947.
15. Фридлендер Г.О., Булгаков Б.В., Левенталь Е.Б. Заявка на изобретение №367998 от 2 апреля 1949 г.
16. Парусников Н.А. К истории инерциальной навигации в нашей стране / Сб. Навигация и управление движением: материалы докладов VIII конференции молодых учёных (Санкт-Петербург,

- 16 марта – 29 сентября 2006 г.) / ред. В.Г. Пешехонов, – С-Пб.: ЦНИИ «Электроприбор» Санкт-Петербург, 2006. С. 178–184.
17. *Парусников Н.А.* История отечественной авиационной инерциальной навигации // Труды Московского института электромеханики и автоматики (МИЭА), вып. 12. Навигация и управление летательными аппаратами. – М.: 2016. С. 11–14.
 18. *Парусников Н.А.* Частные сообщения автору. Январь-Май 2019.
 19. *Schuler M.* Die Störung von Pendel – und Kreisel apparaten durch die Beschleunigung des Fahrzeuges // Physikalische Zeitschrift. 1923. В. 24. № 16. S. 344–350.
 20. *Carrie M.E.* Gyroscopic compass. US patent 1253666. Appl. 24.03.1903; Publ. 15.01.1918.
 21. *Алексеев В.* Авт. Св. 28451. Привилегия в России. Заявл.1911. Оpubл. 30.04.1916.
 22. *Sweeny F.R.* Geographic position indicator. US patent 1086246. Appl. 22.04.1911; Publ. 03.11.1914.
 23. *Wussow R.* Apparat zur Bestimmung von Geschwindigkeiteten und Wegelangen // Germ. Patent 179476. Appl. 19.09.1905. Publ. 11.12.1906.
 24. *Ларченко П.Ф.* Сентябрь – 70 лет со времени предложения первой схемы инерциальной навигации // Из истории авиации и космонавтики. 1975. Вып. 27. С. 118–120.
 25. *Ишлинский А.Ю.* Об уравнениях задачи определения местоположения движущегося объекта посредством гироскопов и измерителей ускорений // ПММ. 1957. Т. 21, № 6. С. 725–739.
 26. *Кофман Л.М.* Электрический интегратор. Авт. свид. 51484 по заявке 173836 от 28.12.1935. Оpubл. 31.07.1937.
 27. *Ларченко П.Ф.* Автореф. дисс. к.т.н. «Разработка комплекса оценок процесса развития авиационных систем получения и обработки навигационных параметров полета по результатам историко-технического анализа». – М.: ИИЕиТ АН СССР 1984.
 28. *Кофман Л.М.* Универсальный ориентир. Заявка на авт-е свид. 1937 г. (До сих пор не обнаружена, ее существование под вопросом).
 29. *Зеленков С.В., Михалёв И.А., Сайдов П.И., Сенилов Г.Н.* 30 лет со дня доклада Л.И. Ткачева «К теории пространственной ориентировки в слепом полете при помощи маятниково-гироскопических систем» (1943 г.) // Из истории авиации и космонавтики. 1973. № 19. С. 8–14.
 30. *Булгаков Б.В., Венгеров В.А., Журкин Г.И., Летов А.М., Лукьянов А.И., Ткачев Л.И., Фокин Г.С.* Изучение возможности построения авиационного гироскопического ориентира. АГО. Закрытый. тех. отчет. М.: 1939.

31. *Булгаков Б.В.* Теория одной гироскопической системы навигации // Изв. РАН. Сер. Механика твердого тела. 1969. № 3. С. 14–23. [Добавление 5 в кн. *Булгаков Б.В.* Прикладная теория гироскопов. 3-е изд. М.: МГУ. 1976. С. 384–395.]
32. *Ткачев Л.И.* Системы инерциальной ориентировки. Часть I. Основные положения теории. Кафедра автоматики. Учебное пособие / ред. Г.Н. Сенилов. – М.: МЭИ. 1973. 213 с.
33. *Ткачев Л.И.* О 84-минутном периоде для систем со связанными и свободными гироскопами. 1949 // ПММ. 1949. Т. 13, № 2. С. 217–218.
34. *Седов Л.И.* Системы координат и кинематика движения // В кн. *Седов Л.И., Цыпкин А.Г.* Основы макроскопических теорий гравитации и электромагнетизма. – М.: Наука. 1989. С. 27–106.
35. *Ишлинский А.Ю.* Механика относительного движения и силы инерции. – М.: Наука. 1981. 192 с.
36. *Харламов С.А.* Частное сообщение автору. 1998 г.
37. *Ишлинский А.Ю., Борзов В.И., Степаненко Н.П.* Лекции по теории гироскопов. – М.: Изд-во Моск. ун-та. 1983. 248 с.
38. *Ишлинский А.Ю.* Прикладные задачи механики. Т.2. Механика упругих и абсолютно твердых тел. – М.: Наука. 1986. 416 с.
39. *Ткачев Л.И.* К теории гироскопических систем с интегральной маятниковой коррекцией. // Автоматика и телемеханика. Напр. в печать. 28.02.1949 г. Отклонено. [Приложение III к [32]. С.153–161.].
40. *Ишлинский А.Ю.* К теории гирогоризонткомпаса // ПММ. 1956. Т. 21, № 4. С. 487–489.
41. *Ишлинский А.Ю.* К теории гироскопического маятника // ПММ. 1957. Т. 21, № 1. С. 3–14.
42. *Ишлинский А.Ю.* Теория двухгироскопической вертикали // ПММ. 1957. Т. 21, № 2. С. 175–183.
43. *Ишлинский А.Ю.* Об автономном определении местоположения движущегося объекта посредством пространственного гироскопического компаса, гироскопа направления и интегрирующего устройства // ПММ. 1959. Т. 23, № 1. С. 58–63.
44. *Пешехонов В.Г.* Лидер ученых-гироскопистов // В кн. Академик А.Ю. Ишлинский – выдающийся ученый механик. – М.: Наука. 2013. С. 116–120.
45. *Александров В.В., Парусников Н.А.* Развитие инерциальной навигации и А.Ю. Ишлинский // Вестник МГУ. Сер. 1, Математика. Механика. 2013. № 5. С. 51–53.
46. *Корниенко А.Н.* Академик А.Ю. Ишлинский (к 100-летию со дня рождения) // Наука та наукознавство. 2013, № 3. С. 102–114.

47. *Ишлинский А.Ю.* Бортовая и килевая качка и изменение курса при качке корабля вокруг произвольно ориентированной оси // Приборостроение. 1944. № 4–5. С. 3–8.
48. *Ишлинский А.Ю.* Механика специальных гироскопических систем. – Киев: Изд. АН УССР. 1952. 432 с. [2-е изд-е. Механика гироскопических систем.– М.: Изд. АН СССР. 1963. 462 с.]
49. *Ишлинский А.Ю.* Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация. – М.: Наука, 1976. 670 с.
50. *Журавлев В.Ф.* Теорема о телесном угле в динамике твердого тела // ПММ. 1996. Т. 60, вып. 2. С.323–326.
51. *Малькин Г.Б., Харламов С.А.* Топологическая фаза в классической механике // УФН. 2003. Т. 173, № 9. С. 985–994.
52. *Климов Д.М., Потапенко В.А.* К уходом гироскопа в кардановом подвесе // Инженерный журнал МТТ. 1966. № 1. С. 3–5.
53. *Малькин Г.Б.* Связь томасовской прецессии и теоремы Ишлинского, примененной к наблюдаемому вращению изображения релятивистски движущегося тела // УФН. 1999. Т. 169, № 5. С. 585–590.
54. *Малькин Г.Б.* Применение теоремы о телесном угле в специальной теории относительности // ПММ. 1999. Т. 63, вып. 5. С. 775–780.
55. *Малькин Г.Б.* Применение теоремы А.Ю. Ишлинского о телесном угле в специальной теории относительности // Изв. РАН. Сер. Механика твердого тела. 2000. № 4. С. 187.
56. *Trulei O.* «Korvettenkapitan Johann Maria Boykow. Seeflieger – Schauspieler – Erfinder» – Wien: K.u.K. Kriegsmarine. 2008. 36 p.
57. *Albertz J.V.* 100 Jahre Deutsche Gesellschaft fur Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation e.V. // Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation. 2009. № 6. P. 487–560.
58. *Boykow J.M.* Navigations Mittels Derivators // Zeitschrift fur Flugtechnik und Motorluftschiffahrt. 1911. Bd. 2. Heft 11. S. 145–147.
59. *MacKenzie D.* Inventing Accuracy. A historical sociology of nuclear a missiles guidance. – Cambridge: MIT Press. 1993. P. 46–49.
60. *Boykow J.M.* "Einrichtung zum Messen von Wegstrecken" Deutsches Patent №661822. 10.01.1934. Kl. 42. Siemens Apparate und Maschinen. G.m.b.H. Berlin. 02.06.1938.
61. *Boykow J.M.* Instrument for indicating navigational factors. US patent 2,109,283. Filed. Jan. 10.1934; Patented Feb. 22.1938.
62. *Ненахов Ю.Ю.* «Чудо-оружие» Третьего рейха. Минск: Хорвест. 1999. С. 118–119.
63. *Знаменский Г.* Автоматическое управление самолетом // Советская Военная Энциклопедия. Т. 1. С. 203–207. // Гос. словарно-энциклопедическое изд-во «Советская энциклопедия» М.:

- ОГИЗ РСФСР. 1932. / Ред. совет: Ворошилов К.Е. (председатель), Гамарник Я.Б. (зам. председателя), Бубнов А.С., Егоров А.И., Попов Н.Н., Стецкий А.И., Тухачевский М.Н., Уборевич И.П., Эйдеман Р.П., Якир И.Э. Гл. ред. Эйдеман Р.П.; / ред. раздела «Воздушный Флот» Алкснис Я.И.
64. *Stieller B.* Inertial Navigation // AGARD-AG-331. Aerospace Navigation Systems. 1995. North Atlantic Treaty Organization. Printed by Canada Communication Group. P. 45–131.
 65. *Дорнбергер В.* Фау-2 сверхоружие третьего рейха. 1930–1945. – М.: ЦЕНТРПОЛИГРАФ. 2004. 351 с. [*Dornberger W.* V-2 der Schuss ins Weltall: Geschichte einer grossen Erfindung. – Esslingen: Bechtler Verlag. 1952.]
 66. *Boykow J.M.* Stabilization of moving objects such as aircraft and water craft. US patent 1,709,457. Filed Feb. 4, 1927. Patented Apr. 16, 1929.
 67. *Boykow J.M.* Stabilizing apparatus. US patent 1,869,840. Filed Oct. 4, 1929. Patented Aug. 2, 1932.
 68. *Boykow J.M.* Automatic steering and stabilizing apparatus. US patent 1,801,948. Filed Apr. 18, 1930. Patented Apr. 31, 1931.
 69. *Boykow J.M.* Apparatus for use in controlling aircraft. US patent 1,885,578. Filed Feb. 26, 1931. Patented Nov. 1, 1932.
 70. *Boykow J.M.* Giroscopic Pendulum. US patent 1,973,042. Filed June. 20, 1932. Patented Sept. 11. 1934.
 71. *Boykow J.M.* Stabilizing and orienting apparatus. US patent 2,208,207. Filed Jan. 10, 1934. Patented July. 16, 1940. 2,109,283
 72. *Boykow J.M.* Apparatus for finding the course along any definite great circle. US patent 2,039,878. Okt. 6, 1934. Patented May. 5. 1936.
 73. *Boykow J.M.* Giroscopic Pendulum. US patent 2,046,988. Filed Okt. 6, 1934. Patented July. 7, 1936.
 74. *Еффа М.Л.* Разработчик – творческий шанс инженера. (популярное введение в профессию). Реферат неопубликованной монографии. 44 с.
 75. *Ведров В.С., Коровицкий С.А., Станкевич Ю.К.* Исследование штопора самолета Р-5 в полете // Тр. ЦАГИ. 1935. вып. 228. С. 3–49.
 76. *Васильев-Люлин Г.И.* Невозмутимая ускорениями маятниковая вертикаль в системе автоматической астронавигации: канд. диссертация. 1950.
 77. *Васильев-Люлин В.Г.* Воспоминания об отце. 2017. Не опубликовано.
 78. *Черток Б.Е.* Ракеты и люди. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1999. 416 с.

А.В. Кессених

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

**ЯМР НА КАФЕДРЕ РАДИОФИЗИКИ СВЧ
ФИЗФАКА МГУ –
В ЗОНЕ ОБМЕНА МЕЖДУ ФИЗИКОЙ И ХИМИЕЙ
(Рождение научных школ в химии
по инициативе физиков)**

Введение

Первая на физическом факультете МГУ работа по ядерному магнитному резонансу (ЯМР) опубликована С.Д. Гвоздовером и А.А. Магазаником в 1950 году. С 1956 г. лидером в области подготовки кадров в области ЯМР и ЯКР (ядерного квадрупольного резонанса) стал на кафедре Гвоздовера (в дальнейшем кафедра радиотехники) Ю.С. Константинов, выпускавший ежегодно одного-двух дипломников по радиоспектроскопической специальности. Многие из них впоследствии работали в области аналитических и структурных приложений ЯМР, а позднее и в области ЯМР томографии. На той же кафедре радиотехники (тогда СВЧ) Н.М. Иевская защитила первую на физфаке кандидатскую диссертацию по ЯМР. А в течение конца 1950-х и всех 1960-х она проводила в МГУ семинар по ЯМР. В дальнейшем её работа и исследования её учеников, из которых до последних пор работал Р.М. Умарходжаев, протекала в Научно-исследовательском институте ядерной физики при МГУ (НИИЯФ) в Лаборатории оптики. Первым из дипломников физфака МГУ с кафедры К.В. Белова В.Ф. Быстров (в будущем один из выдающихся специалистов в области ЯМР) посвятил уже свою дипломную работу химической радиоспектроскопии ЯМР в Институте химической физики АН СССР (ИХФ) в 1957 году. Между тем с 1951 г. в радиопрактикуме физфака (а с 1950 г. в радиопрактикуме НИИЯФ МГУ, по свидетельству выпускника Б.А. Квасова) имелись задачи по обнаружению протонного магнитного резонанса

(ПМР). Выпускники физфака возглавляли и практически создавали группы и лаборатории ЯМР в химических институтах: Научно-исследовательский физико-химический (НИФХИ им. Л.Я. Карпова), Институт Органической химии им. Н.Д. Зелинского АН СССР (ИОХ), Всесоюзный научно-исследовательский институт химических средств защиты растений (ВНИИХСЗР), Институт химических реактивов и особо чистых химических веществ (ИРЕА). Ю.С. Константинов и его ученики принимали непосредственное участие в освоении аналитических применений ЯМР в НИФХИ и на Химическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова (химфаке). В становление метода ЯМР в Институте элементоорганических соединений АН СССР (ИНЭОС) существенный вклад внесли Ю.С. Константинов и Б.А. Квасов, и прежде всего проучившийся на физфаке два года и затем репрессированный Э.И. Федин (после реабилитации и завершения образования). Там же развивали метод ядерного квадрупольного резонанса выпускники физфака Г.К. Семин и Т.А. Бабушкина. В Институте химической физики АН СССР помимо Быстрова важный вклад в освоение ЯМР внесла выпускница кафедры радиотехники физфака А.У. Степанянц. Сам Быстров сыграл принципиально важную роль во внедрении ЯМР в Институт молекулярной биологии АН СССР (ИМБ) и затем в Институт химии природных соединений АН СССР.

Укажем на автора оригинальных теоретических трудов и монографий по ЯМР и ЭПР выпускника кафедры оптики И.В. Александрова, читавшего долгое время лекции по физике студентам химфака МГУ, выпускников физфака: теоретика Н.Н. Корста, теоретика, участницу Великой Отечественной войны Майю Исааковну Родак. Общественный семинар Проблемы магнитного резонанса возглавляет с 1981 г. по настоящее время сокурсник В.Ф. Быстрова В.А. Ацаркин.

Ниже мы приводим краткие характеристики вклада в развитие аналитических методов ЯМР отдельных сотрудников и выпускников физфака МГУ в МГУ и в отечественных научных учреждениях.

Самсон Давидович Гвоздовер (1907–1969)

Родился в семье инженера, выпускника Мюнхенской Высшей технической школы Давида Лазаревича Гвоздовера и домохозяйки Сарры Мироновны Гвоздовер.



Рис.1.

С.Д. Гвоздовер
(1950-е гг.).

[Из архива Кафедры
радиотехники]

В 1927 году окончил физико-математический факультет Московского университета по специальности «радио-вакуумтехника» под руководством профессора Н.А. Капцова. После окончания аспирантуры в 1931 году был оставлен преподавателем на факультете. Степень кандидата физико-математических наук Гвоздоверу была присвоена в 1935 году по совокупности научных работ без защиты диссертации; докторскую диссертацию защитил в 1939 году по теме «Движение электронов в разряде низкого давления».

В сентябре 1946 г. создал и возглавил Отделение радиофизики и электроники при физическом факультете МГУ, которое включало кафедры высоких частот, электронной оптики и осциллографии, электронных и ионных приборов, акустики, радиолокации, колебаний, распространения радиоволн и теоретических основ радиотехники. С 1947 года заведовал созданной им кафедрой физики сверхвысоких частот (впоследствии радиотехники).

В 1950 г. совместно с инженером этой кафедры А.А. Магазаником опубликовал первую работу по ЯМР в МГУ [1]. С 1951 г. на кафедре регулярно защищались дипломные работы по ЯМР, а с 1953 г. и кандидатские диссертации по ЯМР. Аппаратура была аналоговичной зарубежной (за исключением магнита, сконструированного и изготовленного на физфаке), но Гвоздовера и его первых учеников интересовали свойства системы ядерных магнитных моментов с точки зрения теории колебаний. Самсон Давидович разработал изящный математический метод расчёта формы сигнала ЯМР при быстром прохождении. Под этим углом зрения выполнялись кандидатские работы Н.М. Иевской (1953) и Н.М. Померанцева (1954). Правда, в первых работах пренебрегалось некоторыми эффектами, связанными с взаимодействием системы магнитных моментов с радиоаппаратурой, что было исправлено в работах Ю.С. Константинова. Однако вскоре стало ясно (опять-таки из ряда зарубежных работ), что рождается новый метод исследования химических соединений, их взаимодействий и превращений. Поэтому выпускники кафедры,

выполнявшие работы по ЯМР вплоть до 1970-х гг., в своём большинстве искали себе применение на службе у химиков.

В 1958 году по инициативе С.Д. Гвоздовера в МГУ была организована Проблемная лаборатория квантовой радиофизики, которую он возглавлял почти до конца жизни (1967).

Константинов Юрий Серафимович (1929–1995)

Ю.С. Константинов – один из пионеров освоения метода ядерного магнитного резонанса (ЯМР) в СССР. В период 1947–1952 гг. Ю.С. Константинов был студентом, а позже и до конца своих дней – сотрудником физического факультета МГУ (ассистентом и старшим научным сотрудником кафедры радиотехники СВЧ). В 1968 он защитил кандидатскую диссертацию «Теория и применение автоколебательных и параметрических схем в ЯМР-спектроскопии», в 1978 г. получил звание старшего научного сотрудника. В 1988 г. защитил докторскую диссертацию «Ядерный магнитный резонанс в самосогласованном возбуждающем поле».

Научные интересы Ю.С. Константинова в немалой степени сформировались под влиянием идей выдающегося физика профессора С.Д. Гвоздовера, примыкавшего к школе Л.И. Мандельштама. В 1950 г. на кафедре радиотехники МГУ, выделившейся в 1948 г. из кафедры колебаний, были осуществлены одни из первых в СССР (после работы 1947 г. К.В. Владимирского в Физическом институте им. П.Н. Лебедева) эксперименты по ЯМР. Ставший третьим по счету дипломированным, а затем и получившим степень кандидата наук специалистом по ЯМР, выпущенным этой кафедрой, Ю.С. Константинов известен своими исследованиями в области регенеративной ЯМР спектроскопии, особенностью которой является наличие в составе ЯМР-спектрометра цепи обратной связи, обеспечивающей самовозбуждение системы ядерных спинов. В рамках этих исследований им изучены оптимальные режимы работы автодинного генератора, реализован метод квантования фазы для приема сигналов спиновой системы, проведен расчет устойчивости

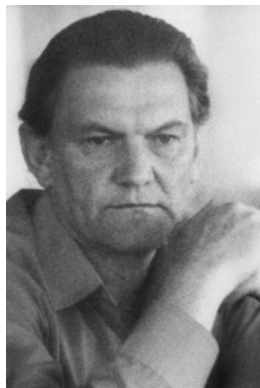


Рис.2.

Ю.С. Константинов
(1970).

[Из архива
Н.В. Анисимова]

работы спинового генератора в неоднородном магнитном поле. Во многих работах Константинова продемонстрированы практические возможности применений регенеративного ЯМР для нужд химии и техники (в области двойного ядерного резонанса, ядерного квадрупольного резонанса, структурных исследований с помощью спектроскопии фтора-19, фотоиндуцированной химической поляризации ядер, влияния кислорода на релаксацию ядерных спинов и т.д.). Но главные его результаты содержат решения интересных проблем физики нелинейных колебаний в связанных системах, одной из которых служит система ядерных спинов в веществе. Нельзя не упомянуть о большом вкладе Юрия Серафимовича в подготовку специалистов. Под его руководством защищены несколько десятков дипломных работ, последнюю из которых кафедра заслушала в январе 1995 г., более десятка кандидатских диссертаций, создана в радиопрактикуме МГУ установка для студенческой работы по ЯМР.

Выпущенные Ю.С. Константиновым специалисты успешно трудились и трудятся в межфакультетской лаборатории ЯМР при химфаке МГУ (В.А. Рознятовский, Ю.К. Гришин). Ведущим специалистом Центра магнитной томографии и спектроскопии МГУ является Н.В. Анисимов. В других организациях успешно работали и работают Н.Н. Шапетько, А.М. Смирнов, Виталий В. Негребецкий и др. Автор этой статьи А.В. Кессених, хотя и не был формально учеником Константинова, сделал первые шаги в создании собственной и в освоении и модификации зарубежной аппаратуры ЯМР благодаря его консультациям, а затем участвовал во внедрении методов ЯМР в трёх химических институтах, причём не без помощи и совета с Юрием Серафимовичем.

Перу Юрия Серафимовича принадлежит статья «Регенерация» в «Физической энциклопедии».

Отметим высокий профессиональный и личный авторитет Юрия Серафимовича в научном сообществе радиофизиков и особенно спектроскопистов ЯМР. Юрий Серафимович был неизменным и активным участником научных конференций, симпозиумов и Всесоюзных школ по магнитному резонансу. В частности он стоял у истоков Московского семинара «Проблемы магнитного резонанса», о создании которого договорились активные участники VII Всесоюзной школы по магнитному резонансу в Славяногорске в 1981 г. Компетентность, доброжелательность, неизменный юмор Юрия Серафимовича навсегда останутся в памяти его коллег и друзей.

Негребецкий Виталий Васильевич

Как один из примеров мы рассмотрим судьбу В.В. Негребецкого, получившего Государственную премию СССР 1989 г. в составе коллектива, открывшего новый тип красителей и участвовавшего в 1960-х–1970-х гг. в открытии (отмеченном свидетельством об открытии от 1977 г.) нового типа фосфорорганических соединений (фосфиазолов).

Негребецкий родился в 1943 г. В 1967 г. закончил МГУ (кафедру радиотехники), защитив дипломную работу по двойному гетероядерному ЯМР, выполненную в Институте органической химии АН СССР (ИОХ), куда он был направлен по рекомендации Ю.С. Константинова (*«получил от него “пинок” в ЯМР»*). Ра-

ботал во Всесоюзном НИИ химических средств защиты растений (ВНИИХСЗР) и одновременно проходил заочную аспирантуру в ИОХ. В 1972 г. защитил кандидатскую диссертацию «Применение спектроскопии двойного магнитного гетероядерного резонанса для исследования строения органических соединений бора, азота и фосфора» и получил степень к.ф.-м.н.

Далее длительное время он успешно (см. выше) работал во ВНИИХСЗР, применяя метод ЯМР (во ВНИИХСЗР имелся прибор ЯМР на 90, а с 1987 г. на 400 МГц), защитил в 1986 г. диссертацию на степень д.х.н. В настоящее время – пенсионер. См. список некоторых работ, опубликованных Негребецким [9–16]. В отличие от своих предшественников Виталий Васильевич стал профессиональным химиком. Его докторская диссертация озаглавлена так: «Динамическая стереохимия органических соединений фосфора. Фосфоротропная таутомерия».

Фактически все его 170 журнальных статей, отражённых в системе МГУ «ИСТИНА», посвящены проблемам химического анализа, структурной и стереодинамической химии (лишь отдельные ранние работы связаны в большей степени с модификацией аппаратуры). В том числе работы [9–12] посвящены тематикам «Двойной гетероядерный магнитный резонанс и структура соединений с двухкоорди-



Рис.3.
Негребецкий В.В.
1970 г. (из архива
В.В. Негребецкого)

нированным атомом фосфора». Всего по двойному гетероядерному резонансу опубликовано около 16 печатных работ, по установлению структуры двухкоординированного фосфора – 8 работ, например [10] – двойной резонанс, [11, 12] – двойной резонанс и фосфадиазола. По тематикам «Динамический ЯМР» и «Фосфоротропия» опубликовано всего более 60 работ, в том числе [13–15].

Совместно с МХТИ им. Д.И. Менделеева и при участии известного сотрудника МГУ Л.В. Левшина выполнено более 20 печатных работ и зарегистрировано 10 авторских свидетельств, на одно из которых мы и ссылаемся [17].

Старшему сыну Виталия Негребецкого, Вадиму Негребецкому, удалось продолжить научную династию. Он закончил МХТИ им. Д.И. Менделеева, активно занимался химическими приложениями ЯМР, стал доктором химических наук и возглавляет сейчас кафедру химии в Медицинском Институте им. Н.И. Пирогова.

Литература

1. *Гвоздовер С.Д., Магазаник А.А.* Изучение парамагнетизма атомных ядер методом магнито-спинового резонанса // ЖЭТФ. 1950. Т. 20. С. 705–721.
2. *Константинов Ю.С.* Применение синхронизованного автодина для изучения спектров ядерного магнитного резонанса // Приборы и техн. эксперим. 1958. № 2. С. 105.
3. *Константинов Ю.С.* Химические сдвиги ЯМР ^{19}F во фторорганических соединениях // ДАН СССР. 1960. Т. 134, № 4. С. 868–870.
4. *Дяткин Б.Л., Беккер Р.А., Константинов Ю.С., Кнунянц И.Л.* О присоединении фтористого и хлористого нитрозила к алкилперфторвиниловым эфирам // ДАН СССР, 1965. Т. 165, № 6. С. 1305–1308.
5. *Дзбановский Н.Н., Комолов В.П., Константинов Ю.С., Копяев Б.В., Маслов В.Ю., Трофименко И.Т.* Применение метода квантования фазы для наблюдения сигналов ядерного магнитного резонанса // Радиотехн. и электрон. 1971. Т. 16, № 3. С. 440–441.
6. *Константинов Ю.С., Смирнов А.М.* Автодинный спиновый генератор и его применение в протонных стабилизаторах спектрометров ЯМР // Приборы и техн. эксперим. – Instruments and experimental technique. 1972, № 2. С. 120–123.
7. *Константинов Ю.С., Смирнов А.М.* О некоторых применениях спиновых генераторов в ЯМР-спектроскопии // Приборы и техн. эксперим. 1972, № 5. С. 134–135.

8. *Анисимов Н.В., Дзбановский Н.Н., Константинов Ю.С.* Спектрометр ЯКР хлора с точным отсчетом резонансной частоты // Приборы и техн. эксперим. 1979. № 1. С. 128–130.
9. *Варламов С.Д., Константинов Ю.С., Смирнов А.С.* Изучение распределения магнитных полей с помощью фотоиндуцированной ХПЯ // Приборы и техн. эксперим. – Instruments and experimental technique. 1982. № 3. С. 181–184.
10. *Кессених А.В., Негребецкий В.В.* Применение двойного гетероядерного магнитного резонанса $H^1-(B^{11})$ для аналитических и структурных исследований // ДАН СССР, 1967. Т. 177, 75–78.
11. *Негребецкий В.В., Кессених А.В., Мельников Н.Н. и др.* Изучение спектров ПМР и двойного протон-фосфорного резонанса некоторых фосфадиазолов // Журнал структурной химии, 1970. Т. 11, № 4, С. 633–664.
12. *Негребецкий В.В., Кессених А.В., Васильев А.Ф., Мельников Н.Н.* Величины и знаки констант спин-спинового взаимодействия в некоторых фосфадиазолах // Журнал структурной химии, 1971. Т. 12, № 5. С. 798–804.
13. *Негребецкий В.В., Богельфер Л.Я., Сеница А.Д., Кальченко В.И., Марковский Л.Н.* Изучение таутомерных миграций фосфорильных (иминофосфорильных) групп в амидиновой триаде // Журнал общей химии, 1982. Т. 52, № 7, С. 1496–1505.
14. *Негребецкий В.В., Кальченко В.И., Балицкая О.В., Корнилов М.Ю., Марковский Л.Н.* Фосфоротропные миграции фосфоранильной группировки в пентаде $-N=C-N=C-N=.$ // Журнал общей химии, 1984. Т. 54, № 8, С. 1764–1767.
15. *Негребецкий В.В., Кальченко В.И., Балицкая О.В., Корнилов М.Ю., Марковский Л.Н.* Силлотропные и фосфоротропные миграции в пентаде $N-C-N-C-N$ замещенных 1-метил-3-метилиминоизоиндоленинов // Журнал общей химии, 1984. Т. 54, № 1, С. 76–82.
16. *Степанов Б.И., Бычков Н.Н., Левшин Л.В., ..., Негребецкий В.В.* Новое поколение активных лазерных сред для красной и ближней ИК-области спектра // Препринт физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, 1988. № 16/1988 – 4 с.
17. *Негребецкий В.В. и др.* Авторское свидетельство. № 31628803 (04.04.1989 г.) «Активная среда лазера».

Г.Б. Малыкин

*ФГБНУ Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной физики РАН¹⁾*

**СТО ЛЕТ ТАХИОНАМ.
ДОКЛАД Л.Я. ШТРУМА НА ВТОРОМ СЪЕЗДЕ
РОССИЙСКОЙ АССОЦИАЦИИ ФИЗИКОВ**

17–23 сентября 1921 г. в Киеве проходил Второй съезд Российской ассоциации физиков. Поскольку председатель совета ассоциации О.Д. Хвольсон (1952–1934) на съезд не приехал, председателем съезда был проф. И.И. Косоногов (1866–1922). Первое заседание началось 17.09.1921 г. в актовом зале Киевского университета. Присутствовало 278 участников, из них 52 иногородних. Часть заседаний проходила в Киевском политехническом институте.

22.09.1921 г. в физической аудитории Киевского университета проходило заседание секции физики под председательством проф. И.И. Косоногова. Первый доклад под названием «К вопросу о предельной скорости в специальной теории относительности» прочитал Лев Яковлевич Штрум (1890–1936, о нем [1–4]). По видимому, на тот момент Л.Я. Штрум не имел постоянной работы и только в ноябре 1921 г. стал научным сотрудником Украинской АН [1, 3]. К сожалению, текст доклада Л.Я. Штрума не сохранился, но в Киеве были изданы краткие тезисы докладов съезда [5]. Ниже мы приводим тезисы доклада Л.Я. Штрума [5]:

«Автор дает критику невозможности процессов, распространяющихся со скоростью, большей скорости света, и в результате исследования аналитического и, параллельно, геометрического (в четырехмерном пространстве Минковского) приходит к следующим заключениям:

- 1) существование скоростей, больших скорости света, не находится в противоречии с теорией относительности;*
- 2) при существовании процессов, распространяющихся со*

¹⁾ 603950, Нижний Новгород, Россия. E-mail: malykin@ufp.appl.sci-nnov.ru; grig-malykin@yandex.ru.

скоростью, большей скорости света, в какой либо системе S , возможна такая скорость прямолинейного и равномерно движения другой системы S' относительно S , при которой течение времени в системе S' для таких процессов обратно течению времени в системе S ; 3) концепция времени Einstein'a включает в себе относительность не только понятий одновременности событий и продолжительности промежутков времени, но и относительность самого направления течения времени.

Очевидно, что здесь идет речь о процессах или частицах, скорость которых превышает скорость света, т.е. о тахионах. Следовательно, понятие тахионов было введено Л.Я. Штрумом сто лет назад. Более подробно этот вопрос, а также дальнейшие публикации Л.Я. Штрума на данную тему, рассмотрены в [1–3]. В частности, ранее полагалось [1], что первая публикация Л.Я. Штрума о тахионах относится не к 1921 г., а к 1923 г. Отметим, что на этом съезде Л.Я. Штрум прочитал еще один доклад «О зависимости интенсивности спектральных линий от упругости газа».

P.S. После публикации [1] авторам часто задавали вопросы о том, не является ли Л.Я. Штрум прототипом героя романа В. Гроссмана «Жизнь и судьба» Виктора Штрума. Недавно Александра Попофф, дочь советского писателя Г. Бакланова, нашла в архиве В. Гроссмана в РГАЛИ письмо 1929 г. и открытку 1933 г. (от В. Гроссмана к его отцу Семёну Осиповичу), в которых упоминается Л.Я. Штрум [6, С. 202–203]. В частности, в письме упоминается, что В. Гроссман занял у Л.Я. Штрума небольшую сумму денег.

Автор выражает благодарность Т. Деттмер за помощь в работе.

Работа поддержана проектами по Государственным заданиям № 0035-2019-0013 и и № 0030-2021-0013.

Литература

1. *Малькин Г.Б., Савчук В.С., Романец Е.А.* Лев Яковлевич Штрум и гипотеза существования тахионов // УФН. 2012. Т. 182, № 11. С. 1217–1222.
2. *Малькин Г.Б., Романец Е.А.* Сверхсветовые движения (обзор) // Оптика и спектроскопия. 2012. Т. 112, № 6. С. 993–1008.

3. *Савчук В.С., Романец Е.А.* Лев Яковлевич Штрум – отечественный физик-теоретик новой волны: мировоззрение ученого и идеи современной физики // Исследования по истории физики и механики. 2011. – М.: Физматлит. 2011. С. 141–165.
4. *Колтачихіна О.В.* Лев Яковлевич Штрум – забуте ім'я української науки // Наука та наукознатство. 2008. № 4. – К.: ППВФ Фенікс. С. 164–169.
5. *Штрум Л.Я.* К вопросу о предельной скорости в специальной теории относительности / Сб. Второй с'езд Российской ассоциации физиков / вид. під редакц. Н.П. Гуля. – Київ: Державне видавництво. Відбиток а «Київських Наукових Вістей», 1921 р. С. 15.
6. *Popoff Alexandra.* Vasily Grossman and Soviet Century. – New Haven, London: Yale Univ. Press., 2019. С. 424.

III. НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКИЕ ОЧЕРКИ

Евгений Беркович

Главный редактор журнала «Семь искусств»

ТРАГЕДИЯ ЭЙНШТЕЙНА, ИЛИ СЧАСТЛИВЫЙ СИЗИФ

Эйнштейн в изоляции

Смерть Альберта Эйнштейна 18 апреля 1955 года потрясла планету. О том, что с его уходом мир стал другим, говорили политики и писатели, артисты и художники...

Президент США Дуайт Эйзенхауэр заявил на следующий день после объявления о кончине ученого:

«В XX веке ни один другой человек не сделал так много для безмерного расширения области познанного. Тем не менее ни один человек не был столь скромным, обладавая властью, которой является знание, ни один человек не был столь уверен, что власть без мудрости смертельно опасна» [Айзексон, 2016. С. 669]¹.

Вернер Гейзенберг откликнулся на смерть создателя теории относительности такими словами:

«Эйнштейн имел необыкновенное мужество поставить под сомнение все предпосылки классической физики, и он же обладал духовной силой, чтобы осмыслить, как можно с другими предпосылками привести явления в непротиворечивый порядок» [Hermann, 1994. С. 562].

Томас Манн, подружившийся с Эйнштейном во время их недолгого соседства в Принстоне, подчеркнул в заметке, опубликованной в газете «Neue Züricher Zeitung» 19 апреля 1955 года:

«Он был тем человеком, который, казалось, мог, опираясь на свой мифический авторитет, справиться с любой напастью, грозящей человечеству. И если сегодня сообщение о его смерти повсеместно вызывает единодушную скорбь и

¹ В русском переводе книги Айзексона эта цитата ошибочно приписывается президенту Рузвельту, что невозможно, так как он умер в апреле 1945 года, за десять лет до смерти Эйнштейна.

смятение среди народов различных рас и религий, то в этом проявляется иррациональная вера в то, что он одним своим существованием мог противостоять последней катастрофе» [Hermann, 1994. С. 561–562].

Великий писатель пережил великого физика всего на четыре месяца.

В 1955 году научный мир отмечал пятидесятилетие теории относительности. В марте чествовать выдающиеся заслуги Альберта Эйнштейна собрались два Физических общества, принадлежащие двум государствам-антагонистам: «Физическое общество Западного Берлина» и «Физическое общество ГДР».

На заседании Физического общества Западного Берлина 18 марта 1955 года с докладом «Альберт Эйнштейн и световые кванты» выступил его верный друг и почитатель Макс Борн. Эйнштейну к тому времени оставалось прожить только один месяц. Борн описал положение в научном мире, в которое автор теории относительности попал в результате безуспешных поисков единой теории поля и отказа от статистической интерпретации квантовой механики:

«Тем самым Эйнштейн оказался в изоляции, которая была бы трагической, если бы не его радостный, оптимистический темперамент, который охранял его от горечи. Он ведь всегда был одиночкой. Он стремился к познанию ради собственного удовлетворения, а не для материальных выгод или славы. Трагедия его жизни есть трагедия нашей науки в целом, трагедия злоупотребления наукой в политической борьбе народов» [Борн, 1963а. С. 377–378].

Следующим мероприятием юбилейного года стал Международный конгресс по общей теории относительности и космологии, собравшийся в Берне. Когда Вольфганг Паули 11 июля 1955 года открывал первое заседание, Эйнштейна уже не было в живых. Паули предложил рассматривать конгресс как прощание с великим физиком.

Среди участников конгресса было немало друзей и соратников автора теории относительности, например, Макс Борн, Макс фон Лауэ, Эрвин Фройндлих... О совместной работе с Мастером доложила участникам конгресса последняя ассистентка Эйнштейна Брурия Кауфман, приехавшая на конгресс из Принстона. Кроме нее, из Института перспективных исследований, где до конца своих дней работал Эйнштейн, в Берн прилетели другие коллеги ученого: Валентин Баргман, Герман Вейль, Юджин Вигнер, рассказавшие о

своих встречах и беседах с принстонским мудрецом в последние месяцы его жизни. Все они, как и Паули, воспринимали уход Эйнштейна как поворотный момент в истории физики.

Со временем шок от потери признанного лидера теоретической физики прошел, у тех, кто недолго любил, не очень ценил великого ученого или завидовал ему, развязались языки. Настало время ревизионистов и критиков.

В 1965 году отмечали пятидесятилетнюю годовщину общей теории относительности, и директор Института перспективных исследований в Принстоне Роберт Оппенгеймер высказался пренебрежительно о последнем тридцатилетнем периоде творчества Эйнштейна. Оппенгеймер ехидно отметил, что ранние работы Альберта *«парализующе красивы, даже притом, что в них имеется много опечаток. Позже не было ни единой»* [Брайен, 2000. С. 674]. Но затем, по словам Оппенгеймера, Эйнштейн ввязался в яростную, но в итоге бесплодную, борьбу с Бором, *«стремясь доказать, что в квантовой механике имеются внутренние противоречия»* [Там же]. И главный упрек автору теории относительности был со стороны Оппенгеймера, ни много ни мало, в невежестве:

«Он поставил перед собой честолюбивую задачу объединить понимание электричества и тяготения, не учитывая слишком многое из того, что было известно физикам, но не было достаточно широко известно в студенческие годы Эйнштейна» [Там же].

Резкий отпор «отец атомной бомбы» получил от ученика и соавтора Эйнштейна Леопольда Инфельда. Почти прямым текстом он называет Оппенгеймера дураком:

«Какие это ошибки (опечатки) Оппенгеймер имеет в виду? Ни я, ни какой-либо другой физик из тех, с кем я говорил, не понимаем этого предложения. Работа каждого физика может быть разделена на этапы. На каждом этапе он думает, что закончил свое исследование на той золотой жиле, которую вскрыл. Затем оказывается, что это – всего лишь поверхностное ответвление намного более мощной жилы и что ему следует рыть глубже. С этой точки зрения работа каждого физика – это постепенный, поэтапный поиск истины. Законы Ньютона истинны также и сегодня, но только для малых скоростей. Дурак мог бы сказать, что работа Ньютона полна ошибок, так как она не распространяется на высокие скорости, приближающиеся к световой. Мне не известно ни о каких ошибках Эйнштей-

на, кроме обычных типографских опечаток, а также тех, о которых сам Эйнштейн хорошо знал, поскольку в следующей работе они выводили его ближе к истине» [Брайен, 2000. С. 674–675].

Тем не менее, подобные высказывания Оппенгеймера и его коллег укрепляли в общественном сознании мнение о том, что последние десятилетия творческих усилий Эйнштейна были бесплодными и бесполезными. В одной из первых крупных биографий Эйнштейна ее автор Рональд Кларк констатировал:

«Теория Эйнштейна о едином поле остается необоснованной, и современная научная мысль отгораживается от Вселенной, построенной таким образом» (цитируется по книге [Брайен, 2000. С. 675]).

В конце 1950-х годов такой взгляд на работы позднего Эйнштейна стал господствующим среди физиков. Голосом поколения, как всегда, оказался Вольфганг Паули, написавший в 1958 году дополнение к своей знаменитой энциклопедической статье по теории относительности, которой в начале 1920-х так восхищался сам Эйнштейн:

«Большинство физиков, включая автора, придерживаются взглядов, высказанных Бором и Гейзенбергом при эпистемологическом анализе ситуации, создавшейся в связи с этими идеями (т. е. принципами неопределенности и дополнителности – Е.Б.), и потому считают невозможным полное решение открытых вопросов в физике на пути возврата к представлениям классической теории поля» [Паули, 1962. С. 419].

Взгляды самого Эйнштейна были хорошо знакомы Паули, поэтому их формулировка отличается четкостью и законченностью:

«Эйнштейн после того, как он революционизировал мышление физиков, создав общие методы, которые имеют фундаментальное значение также для квантовой механики и ее интерпретации, до конца своих дней сохранял надежду, что даже квантовые черты атомных явлений смогут быть в принципе объяснены с позиций классической физики полей» [Паули, 1962. С. 419–420].

Идеалом для Эйнштейна, по словам Паули, является классическая небесная механика, согласно которой *«объективное состояние системы совершенно не должно зависеть от способа наблюдения»* [Паули, 1962. С. 420].



Альберт Эйнштейн (слева)
и Вольфганг Паули, осень 1926 г.

А далее Паули указал на самое слабое место во всех работах Эйнштейна последних десятилетий – не удастся *«рассматривать элементарные частицы вещества с помощью всюду регулярных (лишенных особенностей – Прим. В. Паули) классических полей»* [Там же].

Показательно мнение известного советского специалиста по общей теории относительности Алексея Зиновьевича Петрова, приведенное в книге профессора Владимира Павловича Визгина «Единые теории поля в квантово-релятивистской революции»:

«Все имеющиеся единые теории не вышли пока за рамки отвлеченных теоретических построений и не привели к значительным открытиям или следствиям, допускающим экспериментальную проверку» [Визгин, 2017. С. 9].

В начале 1960-х годов в статье «Замечания к эйнштейновскому наброску единой теории поля» Вернер Гейзенберг так оценивал труды великого физика:

«Эта великолепная в своей основе попытка сначала как будто потерпела крах. В то самое время, когда Эйнштейн занимался проблемой единой теории поля, непрерывно открывались новые элементарные частицы, а с ними – сопоставленные им новые поля. Вследствие этого для проведения эйнштейновской программы еще не существовало твердой эмпирической основы, и попытка Эйнштейна не привела к каким-либо убедительным результатам. Однако неудача, постигшая эйнштейновскую программу, имела и бо-

лее глубокие основания, чем только неуверенность в эмпирических фактах; эти основания лежат в отношении теоретико-полевых представлений Эйнштейна к квантовой теории» [Гейзенберг, 1962. С. 63].

«Бог не играет в кости»

Вернер Гейзенберг точно указал на одну из двух основных причин противостояния Эйнштейна физическому сообществу. Создатель теории относительности так и не смог признать, что квантовая механика, родившаяся на его глазах в 1925–1927 годах, полностью описывает явления микромира. Дело в том, эта наука в принципе дает лишь вероятностное описание физических явлений, позволяя судить о них лишь с точки зрения статистики. Согласно соотношению неопределенностей Гейзенберга, принципиально невозможно одновременно абсолютно точно определить положение частицы и ее скорость. Уравнения квантовой механики позволяют найти лишь вероятности пребывания частицы в той или иной области пространства, а не ее точное положение в заданный момент времени.

В письме старому другу Максу Борну от 7 сентября 1944 года¹⁾, Эйнштейн так оценивает духовное развитие их обоих:

«В наших научных надеждах мы превратились в антиподов. Ты веришь в бога, играющего в кости, а я – в полную закономерность в существующем мире, и эту закономерность я пытаюсь уловить дико спекулятивным способом. Я в это твердо верю, но надеюсь, что кому-то удастся найти более реалистичный путь, более осязаемые основания, чем у меня. Огромный первоначальный успех квантовой теории не привел меня к вере в фундаментальную игру в кости, хотя я знаю, что более молодые коллеги объясняют это следствием склероза. Когда-нибудь будет установлено, чья интуитивная позиция была более правильной» [Einstein–Born, 1969. С. 204].

В комментариях к этому письму Макс Борн называет высказывание друга «самой ясной и прекрасной формулировкой точки зрения Эйнштейна» [Einstein–Born, 1969. С. 207].

Последнее десятилетие жизни Альберт Эйнштейн работал так же напряженно, как в молодые годы. Конечно, здоровье давало о себе знать, но голова была ясная, а стремление глубже проникнуть в тайны природы не стало слабее.

¹⁾ В русском переводе [Борн, 1963b. С. 186] это письмо неверно датировано ноябрем.

В 1945–1955 годах Эйнштейн опубликовал восемь статей по единой теории поля и статью «Квантовая механика и действительность» для швейцарского философского журнала «Dialektica» (русский перевод [*Эйнштейн, 1966а*]).

Суть работы четко выражена в предисловии:

«В этой статье я хочу кратко и элементарно изложить, почему я не считаю метод квантовой механики в принципе удовлетворительным. Однако в то же время я хочу заметить, что никоим образом не собираюсь отрицать того, что эта теория представляет выдающийся, в известном смысле даже окончательный, шаг в физическом познании. Мне представляется, что эта теория будет сохраняться в более поздней примерно так, как геометрическая оптика в волновой оптике: связи останутся, но основа будет развита и, соответственно, заменена более широкой» [*Эйнштейн, 1966а*. С. 612].

Текст, написанный в 1948 году, ясно показывает, что взгляды Эйнштейна, высказанные им во времена пятого и шестого Сольвеевских конгрессов, за прошедшие двадцать лет не изменились, несмотря на впечатляющий прогресс квантовой механики в эти годы.

Эту точку зрения автор статьи подтвердил в письме Мишелю Бессо от 24 июля 1949 года:

«Мое неприятие статистической квантовой теории связано не с количественной ее стороной, а с тем, что к настоящему времени полагают, будто бы такой подход является окончательным в своей основе для фундамента физики» [*Эйнштейн–Бессо-2, 1980*. С. 22].

Летом 1949 года Альберт Эйнштейн не раз возвращался к мыслям о квантовой механике, стараясь сформулировать свое отношение к новой науке всё более точно и понятно. Как обычно, первым читателем новых формулировок был Мишель Бессо. В письме от 16 августа 1949 года Эйнштейн пишет своему старому товарищу:

«Я убежден в том, что принципиальная статистическая теория, несмотря на ее большие успехи, сути вещей глубоко не затрагивает, и что необходимо опираться на общий принцип относительности: обобщение гравитационных уравнений пустого пространства» [*Эйнштейн–Бессо-2, 1980*. С. 26].

Альберт Эйнштейн не собирался ограничиваться одним слушателем. Он решил еще раз объяснить свое отношение к

квантовой механике всему научному миру, к тому времени явно утратившему интерес к позиции автора теории относительности, еще недавно считавшегося бесспорным авторитетом в теоретической физике. Вскоре представился и подходящий случай проинформировать научную общественность: семидесятилетие Эйнштейна решили отметить специальным томом «Библиотеки современных философов». Книга получила название «Альберт Эйнштейн – философ-ученый» и вышла в свет в 1949 году [*Einstein-phylosofer, 1949*]. Ее хотели выпустить точно к юбилею Эйнштейна – в марте, но издание задержалось, и том появился лишь к концу года. Принять участие в этом коллективном труде и тем самым выразить уважение юбиляру и его вкладу в современную науку вызвались двадцать пять крупнейших физиков и математиков первой половины XX столетия. Среди них Нильс Бор, Макс Борн, Луи де Бройль, Джеймс Франк, Курт Гёдель, Леопольд Инфельд, Макс фон Лауэ, Вольфганг Паули, Арнольд Зоммерфельд...

Сам юбиляр представлен в сборнике «Автобиографически заметками» (русский перевод [*Эйнштейн, 1967b*]) и «Замечаниями к статьям» (русский перевод [*Эйнштейн, 1967c*]).

Именно об этой книге сообщал Эйнштейн Мишелю Бессо в том же письме от 24 июля 1949 года, которое мы уже цитировали:

«Скоро должна появиться книга из серии “Современные философы”. В ней я защищаю милого господа бога против обвинения в его неизменном пристрастии метать кости» [*Эйнштейн–Бессо-2, 1980. С. 33*].

Подобных сборников, посвященных юбилею того или иного ученого, издавалось и издается немало, но я не знаю ни одного, в котором юбиляр возражал большинству коллег, о нем написавших. Только Эйнштейн позволил себе в заключительной статье сборника выступить против научной позиции, занятой авторами других статей. Правда, он рассмотрел только 17 из 25 присланных работ, но это не меняет его мнения о своих выдающихся коллегах:

«Все они твердо убеждены в том, что загадка двойственной природы всех частиц (их корпускулярные и волновые свойства) нашла в принципе свое окончательное решение в статистической квантовой теории. По их мнению, крупные успехи этой теории свидетельствуют о том, что теоретически полное описание некоторой системы может



Участники научной конференции, посвященной 70-летию Альберта Эйнштейна в Принстоне. Слева направо: Говард Робертсон, Юджин Вигнер, Герман Вейль, Курт Гёдель, Исидор Раби, Альберт Эйнштейн, Рудольф Ладенбург, Роберт Оппенгеймер, Геральд Клеменс, 1949 г.

содержать лишь статистические утверждения относительно измеримых величин этой системы. По-видимому, все названные выше физики придерживаются того мнения, что соотношение неопределенностей Гейзенберга (правильность которого, на мой взгляд, с полным основанием считается окончательно доказанной) убедительно свидетельствует в пользу того, что все мыслимые разумные физические теории должны иметь именно тот статистический характер, о котором говорилось выше» [Эйнштейн, 1967с. С. 295].

Свое мнение патриарх теоретической физики определил однозначно:

«Я твёрдо убежден, что существенно статистический характер современной квантовой теории следует приписать исключительно тому, что эта теория оперирует с неполным описанием физических систем» [Там же].

Теперь Альберт Эйнштейн не ставит под сомнение и не пытается с помощью мысленных экспериментов опровергнуть соотношение неопределенностей Гейзенберга. Он считает это соотношение правильным в рамках принятого в квантовой механике формализма. Весь квантово-механический формализм войдёт, по его мнению, составной частью в любую разумную теорию.

Основное расхождение между Эйнштейном и большинством его выдающихся коллег, авторов статей юбилейного сборника, состоит в отношении к тому, что он считает высшей целью всей физики: *«полному описанию реального состояния произвольной системы (существующего, по предположению, независимо от акта наблюдения или существования наблюдателя – Прим. А. Эйнштейна)»* [Эйнштейн, 1967с. С. 296].

Квантовая механика не претендует на полное описание отдельной физической системы. Эйнштейн более осторожно формулирует этот тезис так:

«Пытаясь рассматривать квантовомеханическое описание как полное описание отдельных систем, мы приходим к неестественной интерпретации теории» [Эйнштейн, 1967с. С. 300].

Вот если считать, что квантовая механика описывает не отдельную систему, а целый ансамбль систем, то эта «неестественная интерпретация» становится ненужной. Почему же никто из представителей квантовой механики не согласен с тем, что ее выводы относятся не к конкретной системе, а к их множеству? Ответ, по мнению Эйнштейна, прост:

«Дело в том, что если статистическая квантовая теория не ставит перед собой задачи полного описания отдельной системы (и ее развития во времени – Прим. А. Эйнштейна), то такое описание, очевидно, приходится искать где-то еще» [Там же].

Где именно, Эйнштейн не уточняет, но ясно одно: не в кругу идей квантовой механики. Ибо в неё принципиально не заложены элементы полного описания системы. То есть достичь высшей цели всей физики – полного описания реального состояния произвольной системы – квантовая механика одна не может. И дальше автор теории относительности развивает эту мысль:

«В будущей физике (при условии, если попытки построить полное описание физической системы увенчаются успехом – прим. А. Эйнштейна) статистическая квантовая теория будет занимать примерно такое же положение, какое занимает статистическая механика в рамках классической механики. Я твердо убежден, что развитие теоретической физики будет происходить именно так, но путь ее будет долгим и трудным» [Там же].

В веере критических «Заметок к статьям» досталось и главному оппоненту юбиляра Нильсу Бору. Отмечая, что не-

правильно ставить теоретическое описание в непосредственную зависимость от актов эмпирических наблюдений, Эйнштейн пишет:

«Тенденция к подобному подходу можно, например, усмотреть в принципе дополнительности Бора, точную формулировку которого я так и не смог получить, несмотря на все мои усилия» [Эйнштейн, 1967с. С. 302].

В статьях Макса Борна и Вольфганга Паули о работах юбиляра по физической статистике и квантам, Эйнштейн без труда увидел «обвинение, высказанное самым дружественным тоном. Кратко его можно было бы сформулировать так: *«Ярая приверженность классической теории?»* [Эйнштейн, 1967с. С. 303].

В другом месте «Заметок о статьях» Альберт Эйнштейн назвал поиск реальности в физике «своего рода программой» [Эйнштейн, 1967с. С. 302]. Названными программами он руководствовался последние три десятка лет своей жизни.

«Путём чистых спекуляций»

Второй причиной противостояния Эйнштейна физическому сообществу была его верность единой теории поля, из которой как следствия вытекали бы законы электромагнетизма, тяготения и квантовой механики. Безрезультатным поискам этой теории ученый посвятил тридцать лет жизни. Большинство коллег-физиков относились к единой теории скептически.

Трудно сказать, когда Альберт Эйнштейн впервые стал размышлять над проблемой единой теории поля. В своей нобелевской лекции, прочитанной 11 июля 1923 года не в Стокгольме, где обычно выступают нобелевские лауреаты, а в Гетеборге, на собрании естествоиспытателей Скандинавии, Эйнштейн рассказал о первых попытках построить всеобъемлющую теорию:

«Теперь особенно живо волнует умы проблема единой природы гравитационного и электромагнитного полей. Мысль, стремящаяся к единству теории, не может примириться с существованием двух полей, по своей природе совершенно независимых друг от друга. Поэтому делаются попытки построить такую математически единую теорию поля, в которой гравитационное и электромагнитное поля рассматриваются лишь как различные компоненты одного и того же единого поля, причем его уравнения, по воз-

можности, уже не состоят из логически независимых друг от друга членов» [Эйнштейн, 1966g. С. 127].

В той же лекции автор теории относительности и создатель квантовой теории фотоэффекта, за что ему формально и была присуждена Нобелевская премия за 1921 год, формулирует программу, ставшую для него основным делом жизни. Напомню, что в то время еще не были открыты ни матричная, ни волновая механики. Но Эйнштейн уже в 1923 году ставит задачу соединить квантовую физику с теорией относительности:

«Наконец, не следует забывать, что теорию элементарных электрических образований нельзя отделять от вопросов квантовой теории. Перед лицом этой наиболее глубокой физической проблемы современности пока оказалась бессильной и теория относительности. Но если когда-нибудь в результате решения квантовой проблемы форма общих уравнений и претерпит глубокие дальнейшие изменения, – пусть даже совершенно изменятся самые величины, с помощью которых мы описываем элементарные процессы, – от принципа относительности отказываться никогда не придется; законы, выведенные с его помощью до сих пор, сохранят свое значение по меньшей мере в качестве предельных законов» [Эйнштейн, 1966g. С. 128–129].

Задача, поставленная Эйнштейном, состояла не только в том, чтобы в одной модели объединить две существовавшие тогда теории поля: электромагнетизм и гравитацию (последняя стала теорией поля именно в общей теории относительности, для Ньютона и его последователей сила тяжести была проявлением пресловутого «дальнодействия»). Из единой теории поля должны вытекать существование и характеристики известных элементарных частиц – электронов и протонов, – а также основные мировые константы: скорость света, заряд электрона, квант действия...

Сейчас единую теорию поля в понимании Эйнштейна немало иронично называют «теорией всего». Она до сих пор окончательно не построена, несмотря на многочисленные попытки покорить эту недостижимую научную вершину. С позиций сегодняшнего состояния науки у Эйнштейна было мало шансов построить желанную общую теорию: ведь в его время были известны только два поля, которые хотелось объединить, и ничего не знали ни о сильном, ни о слабом взаимодействиях. Кроме электронов и протонов никто не представлял себе других элементарных частиц: ни нейтронов, ни ней-

трино... Оптимизм и веру в успех вселял грандиозный успех общей теории относительности. Поэтому сам Эйнштейн был уверен в скором достижении цели. И не он один.

В самом начале к проблеме единой теории поля обратились, как ни странно, математики. Герман Вейль, который во второй половине 1920-х помог Эрвину Шрёдингеру в построении волновой механики, в 1918 году предложил обобщить геометрию общей теории относительности, что позволило бы, по его мнению, включить в новую схему и электромагнитные явления.

Эйнштейн и Вейль были хорошо знакомы. В 1913 году двадцатидевятилетний приват-доцент Гёттингенского университета Герман Вейль принял приглашение стать ординарным профессором цюрихского Политехникума, где тогда же еще работал профессор Эйнштейн перед своим переездом в Берлин в 1914 году. Так что первые шаги создания общей теории относительности проходили на глазах любимого ученика Гильберта.

В 1918 году Герман Вейль опубликовал книгу «Пространство, время, материя. Лекции по общей теории относительности» [Вейль, 1996], которую высоко оценил Эйнштейн. В рецензии на книгу он писал:

«Каждому, кто пожелает сам поработать в этой области, рецензируемая книга окажет неоценимую услугу, не говоря уже о той радости, которую доставит ее изучение. <...> Труд, затраченный на прочтение этой книги, окупится с лихвой, и вряд ли найдется кто-нибудь, кто не почерпнет для себя из нее хоть что-нибудь новое» [Вейль, 1996. С. 428–429].

Правда, создатель общей теории относительности замечает, что у «прирожденного математика», как он называет автора книги, не все гладко с физической картиной мира. В той же рецензии Эйнштейн отмечает:

«Для полноты следует упомянуть, что я не совсем согласен с точкой зрения автора по поводу закона сохранения энергии, а также по вопросу о соотношении между утверждениями теоретической физики и действительностью» [Вейль, 1996. С. 429].



Герман Вейль,
ориентировочно
1940-е годы

Вскоре после завершения книги Вейль написал статью, в которой сделал попытку построить единую теорию, объединяющую гравитацию и электромагнетизм. Рукопись он послал Эйнштейну с просьбой представить ее Прусской академии наук для публикации.

Первая реакция прусского академика была восторженной: *«Это первоклассный ход гения»* [Айзексон, 2016. С. 426]. Но достаточно быстро Эйнштейн заметил главный недостаток работы: из нее следовало, что длина предметов и показания часов зависят от предыстории. Если бы это было так, то атомы водорода, например, имели бы разный спектр в зависимости от их происхождения, что явно противоречит опыту. Берлинский профессор элегантно отметил этот дефект теории в письме цюрихскому коллеге:

«Ваши рассуждения отличаются чудесной законченностью. Если не принимать во внимание несоответствие с действительностью, то это – грандиозное достижение мысли» [Fölsing, 1995. S. 633].

От первого знакомства с попыткой создания единой теории поля у Эйнштейна осталось ощущение, что одной математикой проблему не решить, нужна глубокая физическая идея. В 1922 году он писал «прирожденному математику» Герману Вейлю:

«Я считаю, что для действительного продвижения вперед нужно вновь подсмотреть в природе некоторые общие принципы» [Пайс, 1989. С. 313].

Однако новая идея пришла снова от математика. В 1919 году профессор-математик Теодор Калуца из Кёнигсберга предложил добавить пятое измерение к четырем измерениям пространства-времени, введенным еще Германом Минковским. Пятое измерение открывало новые возможности для формулирования единой теории поля, включающей гравитацию и электромагнетизм.

Какое-то время Эйнштейн полагал, что на этом пути можно прийти к желанной единой теории поля, из которой следовало бы, в частности, существование электронов и протонов. В июне 1922 года Альберт писал Герману Вейлю:

«Я чувствую, что это предложение ближе всего к реальности» [Fölsing, 1995. S. 634].

Однако достаточно быстро Эйнштейн понял, что вывести из уравнений Калуцы существование электрона не удастся. Математика снова, как и у Германа Вейля, была элегантной и красивой, но имела мало общего с физическим миром.

Подобная судьба ожидала и новое предложение Артура Эддингтона, прославившегося тем, что британские астрономические экспедиции в 1919 году, наблюдавшие под его руководством солнечное затмение в Южном полушарии, экспериментально подтвердили выводы общей теории относительности. От физических экспериментов Эддингтон решил перейти к теории и в следующем году опубликовал книгу «Пространство, время, гравитация», написанную явно под влиянием идей Германа Вейля [*Eddington, 1920*]. Следующим шагом Эддингтона было обобщение подхода Вейля, при котором снимались некоторые искусственные ограничения в использовании римановой геометрии. В качестве основного математического понятия выступала так называемая аффинная связность [*Eddington, 1921*].



Теодор Калуца,
ориентировочно
1940-е годы

В аннотации к статье автор писал:

«Обобщение евклидовой геометрии позволяет исследовать гравитацию. Обобщение римановой геометрии позволяет изучать электромагнитную силу. Что еще можно получить при новом обобщении? Ясно, что немаквелловские связывающие силы, которые удерживают электрон. Но это сложная проблема, я не могу сказать, удастся ли нынешнему обобщению представить материалы для ее решения. Предлагаемая работа не претендует на поиск неизвестных физических законов, в ней ставится лишь задача консолидации законов известных» [*Eddington, 1921. P. 104–105*].

Эйнштейн оценил попытку Эддингтона поначалу как чисто математическое построение. Герману Вейлю Альберт писал в июне 1922 года о статье английского астронома:

«Прекрасная рама, но абсолютно не видно, чем ее можно было бы заполнить» [*Fölsing, 1995. S. 635*].

Отсутствие необходимого физического обоснования у попыток Вейля и Эддингтона соединить в одной теории электромагнетизм и гравитацию подчеркивал Эйнштейн в письме Цангеру 18 июня 1922 года:

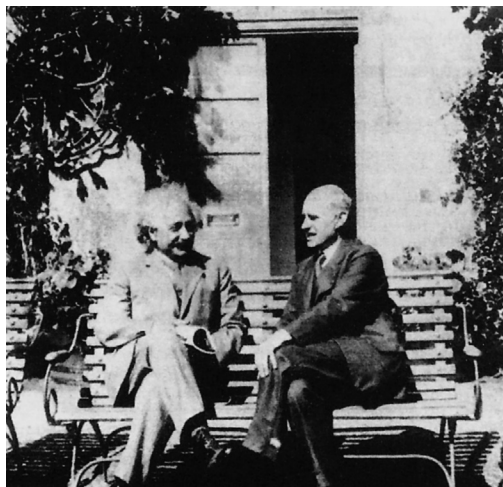
«В научном плане пока ничего особенного. Гравитационное поле все еще стоит независимо от электромагнитного. Что в этом отношении сделали Вейль и Эддингтон, прекрасно, но неверно. Истину невозможно найти путём чис-

тых спекуляций. Пути Господни неисповедимы. Мне непонятно, почему мы считаем, что скоро раскроем тайны квантов. В моей голове в этом отношении не стало светлее, так велико число отдельных фактов, которые в этой области надо увязать воедино» [Einstein-Zangger, 2012. S. 386].

Что касается квантов, то ровно через три года, в июне 1925-го, Вернер Гейзенберг на острове Гельголанд совершит прорыв, закончившийся знаменитой «работой трёх» и созданием квантовой механики, которую Эйнштейн так и не признает законченной теорией. А вот с подходами Вейля и Эддингтона к единой теории поля он взялся разобраться сам. После основательных раздумий Эйнштейн увидел здесь еще не раскрытые возможности и решил пройти намеченный коллегами-математиками путь до конца. Хорошим стимулом для такой работы послужило путешествие в Японию, особенно долгое морское плавание на роскошном океанском лайнере. Еще в апреле 1922 года Альберт писал другу Цангеру в Цюрих:

«Несказанно мечтаю об одиночестве, поэтому охотно еду в октябре в Японию, так как это означает 12 недель покоя на море» [Einstein-Zangger, 2012. S. 386].

Путешествие не разочаровало любителя одиночества. В письме Нильсу Бору от 10 января 1923 года, написанном на борту корабля, Эйнштейн хвалил «великолепное существование для человека, склонного к раздумьям – словно в монастыре» [Fölsing, 1995. S. 635].



Альберт Эйнштейн (слева)
и Артур Эддингтон в Кембридже,
1930 г.

Правда, и развлечений на борту было достаточно. В дневнике, который Альберт вел во время этого путешествия, читаем:

«В последний жаркий день маскарад пассажиров. Японцы – виртуозы в этом искусстве. В последнее время познакомился с приятными людьми. Греческий посланник, который из Японии возвра-

щается домой, симпатичная английская вдова, которая несмотря на мои протесты жертвует фунт Иерусалимскому университету; не забыть супружескую пару Окюта, утонченные, обходительные японские торговцы, с которыми мы много болтали на корабле» [Hermann, 1994. S. 295].

И в другие дни культурная жизнь на палубах и в залах океанского лайнера не затихала. Но пассажир Эйнштейн в развлечениях, как правило, не участвовал: он напряженно работал. Корабль миновал Шанхай, Гонконг, Сингапур, Коломбо, но местные достопримечательности тоже не интересовали профессора, которому всего два месяца назад официально присудили Нобелевскую премию по физике за 1921 год. На церемонию награждения в Стокгольме Эйнштейн не поехал. Сейчас он был целиком поглощен новой работой – ему казалось, что цель почти достигнута – единая теория поля вот-вот будет построена. В упомянутом письме Бору от 10 января 1923 года Эйнштейн не скрывает торжества:

«Уверен, что я наконец понял связь между электричеством и гравитацией» [Айзексон, 2016. С. 428].

«Холодная, как мрамор, улыбка Природы»

Когда в первый день февраля 1923 года океанский лайнер «Гаруна Мару», построенный в Японии годом раньше, прибыл в египетский Порт Саид, статья Эйнштейна «К общей теории относительности» была готова. В конце ее он приписал название лайнера и месяц: январь 1923 года [Эйнштейн, 1966h. С. 141]. Эта работа развивала идеи Вейля и Эддингтона, соединяя их с общим подходом Гамильтона, принятым в классической механике.

Новый текст казался Эйнштейну столь важным, что он, не медля ни дня, прямо из Порт Саида отправил рукопись в Берлин, где его верный друг и коллега Макс Планк уже 15 февраля представил статью Эйнштейна для публикации в Докладах Академии.

Статья заканчивалась предельно оптимистично:

«Изложенное выше исследование показывает, что общая идея Эддингтона в соединении с принципом Гамильтона приводит к теории, почти полностью свободной от произвола, отражающей наши современные знания о гравитации и электричестве и объединяющей оба вида поля по-настоящему, законченным образом» [Там же].

Вернувшись в Берлин, Эйнштейн выступил в Прусской академии с докладом об объединении в единое целое гравитационного и электромагнитного полей, опубликовал еще две работы, развивающие этот подход.

Активность автора теории относительности не осталась незамеченной журналистами. Мир еще не забыл эйфорию и всеобщее ликование после подтверждения новой теории тяготения в 1919 году. Теперь от Эйнштейна ждали еще одной сенсации. Газета «The New York Times» вышла 27 марта 1923 года с заголовком: «Эйнштейн описывает свою новейшую теорию». Правда, один из подзаголовков гласил: «Дилетантам не понять» [Айзексон, 2016. С. 429]. Но сам автор «новейшей теории» успокоил журналистов:

«Я могу в одном предложении всё объяснить. Речь идет связи между электричеством и гравитацией» [Там же].

Кроме того, Эйнштейн подчеркнул роль Эддингтона, отметив, что его работа «основана на теориях английского астронома» [Там же].

В письме Герману Вейлю от 23 мая 1923 года Альберт уточняет задачу:

«... обязательно нужно опубликовать что-нибудь свое, так как идею Эддингтона нужно разработать до конца» [Пайс, 1989. С. 329].

Уже тогда интуиция великого физика не обманывала его – грандиозность поставленной задачи явно превышала человеческие возможности. Через три дня, 26 мая 1923 года, он признавался Вейлю:

«Я вижу холодную, как мрамор, улыбку безжалостной Природы, которая щедро наделила нас стремлениями, но обделила умственными способностями» [Там же].

Но опускать руки Эйнштейн не привык. Он развивает идеи Вейля и Эддингтона в серии статей, но уже ясно понимает, что полноценной единой теории поля, из которой следовали бы существование и свойства элементарных частиц, на этом пути не получишь. Статья «Теория аффинного поля», опубликованная в журнале «Nature» в 1923 году, заканчивается пророческими словами:

«Из теории естественным путем следуют как известные законы гравитационного и электромагнитного полей, так и связь этих двух видов поля; однако она ничего не говорит о структуре электронов» [Эйнштейн, 1966j. С. 153].

Эйнштейн остро чувствовал, что для построения единой теории поля ему не хватает, во-первых, опытных данных и,

во-вторых, некоторой направляющей физической идеи. Когда он работал над специальной и общей теориями относительности, в его распоряжении было и то, и другое. В цитированном письме Вейлю от 26 мая 1923 года он пишет:

«Я думаю, для того, чтобы действительно двигаться вперед, нужно найти общий, подслушанный у природы принцип» [Fölsing, 1995. S. 635].

Но и экспериментальные данные для создания единой теории поля были жизненно необходимы. Об одном эксперименте в области гравитации Эйнштейн задумался ещё в 1912 году, до завершения общей теории относительности. В журнале по судебной медицине, к которому явно имел отношение Генрих Цангер, была опубликована статья Альберта «Существует ли гравитационное воздействие, аналогичное электромагнитной индукции?» [Einstein, 1912]¹⁾. В 1922 году, став директором Института физики Общества кайзера Вильгельма, Эйнштейн предложил знаменитому экспериментатору Вальтеру Герлаху провести соответствующие опыты. Как вспоминал потом Герлах, измерения должны были проводиться около потоков воды или водопадов [Gerlach, 1979. S. 98]. Работа Герлаха должна была быть оплачена из бюджета института, единственным сотрудником которого был его директор. Но условием, поставленным Эйнштейном, была полная концентрация на этой работе, прекращение всех других научных экспериментов.

Герлаху задание Эйнштейна показалось слишком туманным, и он отказался. Единая теория поля так и осталась без экспериментального основания. Эйнштейну ничего не оставалось, как все больше и больше полагаться на математику, вместо физики. Такое изменение его подхода к научным проблемам происходило постепенно.

Вплоть до создания общей теории относительности он был убежден, что в основе новой физической теории должен лежать именно *«подслушанный у природы общий принцип»*, как он выразился в упомянутом письме Герману Вейлю 26 мая 1923 года. О том же писал Эйнштейн патриарху гёттинггенской математики Феликсу Клейну в 1917 году:

«Формальные аспекты очень ценны, когда они служат для окончательной формулировки уже найденной истины, но они почти постоянно подводят, когда их используют в качестве эвристических средств» [Fölsing, 1995. S. 637].

¹⁾ В книге [Fölsing, 1995] эта статья ошибочно отнесена к 1913 году. Русский перевод опубликован в первом томе Собрания научных трудов Эйнштейна [Эйнштейн, 1965].

Поворот к математическому взгляду на физический мир замечен впервые в нобелевской лекции Эйнштейна, которую мы цитировали. Именно тогда, 11 июля 1923 года в Гетеборге, он провозгласил:

«Теория тяготения (т. е. риманова геометрия – с точки зрения математического формализма – Прим. А. Эйнштейна) должна быть обобщена так, чтобы она охватывала также и законы электромагнитного поля. К сожалению, при этой попытке мы не можем опереться на опытные факты, как при построении теории тяготения (равенство инертной и тяжелой массы – Прим. А. Эйнштейна), а вынуждены ограничиться критерием математической простоты, который не свободен от произвола» [Эйнштейн, 1966g. С. 127–128].

Далее он конкретизирует свой подход, описывая путь, по которому он надеется прийти к единой теории поля. Путь этот чисто математический, не освещен ни одной физической идеей:

«Важнейшее понятие римановой геометрии, на котором основаны и уравнения тяготения, – “кривизна пространства” – в свою очередь основывается исключительно на “аффинной связи”. Если задать такую аффинную связь в некотором континууме, не основываясь с самого начала на метрике, то получается обобщение римановой геометрии, в котором все же сохраняются важнейшие выведенные ранее величины. Находя наиболее простые дифференциальные уравнения, которым можно подчинить аффинную связь, мы вправе надеяться, что натолкнемся на такое обобщение уравнений тяготения, которое будет содержать в себе также и законы электромагнитного поля» [Эйнштейн, 1966g. С. 128].

В этой формулировке четко просматривается основное отличие зрелого Эйнштейна, ищущего разгадку тайны «холодной, как мрамор, улыбки безжалостной природы» в мире абстрактных математических конструкций, от юного гения, физическая интуиция которого позволяла почти без математики открывать фундаментальные законы Вселенной там, где никто не видел ничего нового.

Такому способу поиска научной истины ученый остался приверженным до конца жизни, хотя выдающихся результатов, сравнимых с достижениями «раннего Эйнштейна», этот способ не принес.

Предельно четко выразил Альберт Эйнштейн свое новое кредо в так называемой Спенсеровской лекции, прочитанной в Оксфорде 10 июня 1933 года. Если сравнить положение этой лекции с тем, что писал молодой Эйнштейн Феликсу Клейну в 1917 году, то можно подумать, это мысли двух разных людей. Мы уже цитировали то письмо, где он предостерегал патриарха математической школы Гёттингена от использования математического формализма для поиска истины, рекомендуя применять его только на этапе оформления окончательных результатов [Fölsing, 1995. S. 637]. В оксфордской лекции он говорил прямо противоположное:

«Весь предшествующий опыт убеждает нас в том, что природа представляет собой реализацию простейших математически мыслимых элементов. Я убежден, что посредством чисто математических конструкций мы можем найти те понятия и закономерные связи между ними, которые дадут нам ключ к пониманию явлений природы» [Эйнштейн, 1967. С. 184].

То есть понимание явлений природы следует искать именно в тех самых «формальных аспектах», которым он не доверял в 1917 году. А опыт, который, по мнению молодого Эйнштейна, помогал найти «подслушанный у природы обций принцип», в глазах зрелого ученого играл лишь вспомогательную роль, проверяя работоспособность математического аппарата:

«Опыт может подсказать нам соответствующие математические понятия, но они ни в коем случае не могут быть выведены из него. Конечно, опыт остается единственным критерием пригодности математических конструкций физики. Но настоящее творческое начало присуще именно математике» [Там же].

Если раньше создатель теории относительности был, прежде всего, физиком, использовавшим математику для оформления своих идей, то теперь, по его мнению, царицей наук вновь стала математика, а физика с ее экспериментами уступила ей свое ведущее положение. Не зря в письме Эйнштейну от 19 декабря 1929 года Вольфганг Паули метко и едко подметил:

«Остается только Вас поздравить (или, лучше сказать, выразить соболезнование) с тем, что Вы перешли к чистым математикам» [Pauli-Briefe-I, 1979. S. 527].

Эйнштейн продолжал упорно работать. Часто казалось, что успех достигнут, но на смену короткой радости приходило новое разочарование. В июле 1925 года в тех же Докладах Прусской академии наук была опубликована его статья «Единая полевая теория тяготения и электричества», в предисловии к которой довольный собой автор пишет:

«Теперь я думаю, что после двухлетних непрерывных поисков нам удалось получить истинное решение, которое и излагается ниже» [Эйнштейн, 1966к. С. 171].

Однако эйфория длилась недолго, чуть больше месяца. В письме Паулю Эренфесту от 18 августа 1923 года Эйнштейн признается:

«Я опять предложил теорию тяготения-электричества, очень красивую, но сомнительную» [Пайс, 1989. С. 330].

А еще через месяц, 18 сентября, в письме тому же адресату Эйнштейн выражается более определенно:

«Этим летом изложил на бумаге очень соблазнительные идеи о тяготении-электричестве... но сейчас у меня возникли серьезные сомнения в их правильности» [Там же].

И, наконец, ещё через два дня, опять в письме Эренфесту от 20 сентября, – полная капитуляция:

«Работа, которую я сделал этим летом, никуда не годится» [Там же].

Но Эйнштейн не тот человек, который складывает оружие при неудаче. Он ищет другие подходы к поставленной им самим невысказанно сложной задаче. В 1927 году ему снова показалось, что идея Калуцы о пятом измерении – это то, что ему нужно. Он пишет две статьи под общим названием «К теории связи гравитации и электричества Калуцы» и радостно сообщает другу Эренфесту в письме от 21 января 1928 года: *«Да здравствует пятое измерение!» [Пайс, 1989. С. 331].*

Правда, к обеим статьям 1927 года о подходе Калуцы он делает примечание при корректуре:

«Г. Мандель сообщил мне, что изложенные здесь результаты не новы и содержатся в работах Клейна» [Эйнштейн, 1966л. С. 197].

Другими словами, ничего нового работы Эйнштейна 1927 года по сравнению с результатами Оскара Клейна 1926 года не несут. Публикация статей в Докладах Прусской академии была излишней.

После этих статей Эйнштейн снова обратился к расширениям римановой геометрии и ввел новое математическое понятие абсолютного, или дальнего, параллелизма (Fernparal-

lelismus) [Эйнштейн, 1966м]. Поясняя смысл введенного понятия, автор пишет:

«Интересно сопоставить теорию Римана, ее модификацию, предложенную Вейлем, и развитую выше теорию. Для векторов, разделенных конечным расстоянием: в теории Вейля – невозможно сравнение ни по длине, ни по направлению; в теории Римана – возможно сравнение по длине, но не по направлению; в рассмотренной здесь теории – возможно сравнение и по длине, и по направлению» [Эйнштейн, 1966м. С. 228].

Вслед за этой чисто математической работой (большая редкость для молодого Эйнштейна!) он опубликовал очередную статью на волнующую его в последние годы тему: «Новая возможность единой теории поля тяготения и электричества» [Эйнштейн, 1966н]. Обе статьи разделяет всего неделя: первая датирована 7 июня, вторая – 14 июня 1928 года.

Автор снова не скрывает оптимизма – построенный им математический аппарат вот-вот позволит заменить общую теорию относительности еще более общей единой теорией поля:

«В краткой статье, опубликованной несколько дней назад в этом журнале [речь идет о работе [Эйнштейн, 1966м] – Е.Б.], я показал, каким образом можно с помощью n -подов построить геометрическую теорию, основанную на фундаментальных понятиях метрики Римана и “абсолютного” параллелизма. Вопрос о том, может ли эта теория служить для описания физических закономерностей, при этом оставался открытым. После этого я обнаружил, что из подобной теории совсем просто и естественно получаются, по крайней мере, в первом приближении, законы тяготения и электродинамики. Поэтому можно думать, что эта теория вытеснит первоначальный вариант общей теории относительности» [Эйнштейн, 1966н. С. 229].

Как и раньше, подобным надеждам не суждено было сбыться: Эйнштейну никак не удавалось получить уравнения, в которых гравитационное и электромагнитное поля были бы разделены [Пайс, 1989. С. 332]. Эйнштейн пытался вывести уравнения поля, справедливые как для гравитации, так и для электромагнетизма, из принципа Гамильтона, считавшегося универсальным для всей физики. Долгое время эти попытки не удавались, но в январе 1929 года Альберт представил в «Доклады Прусской академии наук» шестистраничную заметку под заголовком «К единой теории поля», в которой излагался «удовлетворительный способ вывода уравнений» [Эйнштейн, 1966о. С. 252].

«Вы всё-таки были правы, негодник вы этакий»

Появлению этой заметки предшествовали странные события. Снова каким-то образом в прессу просочилась информация, что автор теории относительности в очередной раз готовится потрясти научный мир. Триумф Эйнштейна в 1919 году не давал журналистам покоя и десять лет спустя. В ноябре 1928 года в газете «New York Times» появились две заметки, посвященные новой работе великого физика: 4 ноября газета сообщила, что *«Эйнштейн на пороге великого открытия, но не терпит любопытства»*, а 14 ноября уточнила – *«Эйнштейн проявляет сдержанность по поводу новой работы. Он не хочет “делить шкуру неубитого медведя”»*. Об этом же писал журнал «Nature» [*Пайс, 1989. С. 332*].

К этому времени квантовая механика уже оформилась как самостоятельная наука о микромире, остался в истории Пятый Сольвеевский конгресс 1927 года, убедивший научный мир в истинности новой теории, большинство физиков приняли копенгагенскую интерпретацию Бора – Гейзенберга и статистическую концепцию Макса Борна. Альберт Эйнштейн, скептически относящейся к обоим подходам, оказался на обочине столбовой дороги физики. В глазах многих коллег его неустанные попытки построить единую теорию поля выглядели чудачеством. Но для широкой публики он по-прежнему был суперзвездой, для журналистов – желанным героем будущих сенсационных репортажей.

Еще до выхода в свет статьи Эйнштейна «К единой теории поля» ее содержание и результаты обсуждались в газете «New York Times». Вот некоторые цитаты из ее заметок:

«12 января. Эйнштейн расширяет теорию относительности. Новая работа призвана объединить законы гравитационного поля и электромагнетизма. Он называет это своим Священным писанием. На подготовку ученому из Берлина понадобилось десять лет» [*Айзексон, 2016. С. 431*].

Через неделю газета снова обращается к той же теме:

«19 января. Эйнштейн поражен суматой, которую вызвала его работа. Он держит в напряженном ожидании сотню журналистов» [*Пайс, 1989. С. 333*].

В том же номере:

«БЕРЛИН: последнюю неделю все представленные здесь журналисты пытались раздобыть пятистраничную [на самом деле, шестистраничную – Е.Б.] рукопись статьи д-ра Альберта Эйнштейна Новая теория поля. Более того, со

всего света получены сотни телеграмм с оплаченным ответом и несметное число писем с просьбой прислать детальное изложение или саму статью» [Айзексон, 2016. С. 431].

Еще через шесть дней:

«25 января. Последняя работа профессора Альберта Эйнштейна Новая теория поля¹⁾, готовящаяся к выходу из печати, сводит к одной формуле все основные законы релятивистской механики и электричества, говорит человек, переведивший ее на английский» [Там же].

Видя такой интерес прессы, Эйнштейн за несколько дней до выхода в свет своей статьи дал интервью лондонской газете «Daily Chronicle», в котором описал надежды, возлагаемые на единую теорию поля:

«Задачей моей работы является дальнейшее упрощение теории и, в частности, сведение к одной формуле, объединение поля тяготения и электромагнитного поля. Поэтому я назвал работу исследованием единой теории поля <...> Теперь и только теперь мы знаем, что силы, которые движут электроны по эллипсам вокруг ядер в атомах, те же, что и силы, движущие Землю в ее годовичном пути вокруг Солнца, и те же, которые приносят к нам лучи света и тепло, делающее возможным жизнь на нашей планете» [Эйнштейн, 1966h. С. 259].

Нам понятно, что с последним оптимистичным утверждением автор явно поторопился – даже сегодня мы этого не знаем, ибо единой теории поля физики так и не построили.

Когда ожидаемая с таким нетерпением статья, поступившая в редакцию 30 января 1929 года, вышла, наконец, в свет, Прусская академия напечатала тысячу экземпляров ее оттисков. Весь тираж был мгновенно распродан. Тогда Академия допечатала еще три тысячи экземпляров. Об одном из них, попавших в Лондон, писал Эйнштейну Артур Эддингтон:

«Вас, возможно, позабавит то, что один из крупных лондонских универмагов выставил в витрине Вашу статью (все шесть страниц, наклеенных на стекло), чтобы прохожие могли ее прочитать. Около этой витрины собираются огромные толпы» [Пайс, 1989. С. 333].

До Америки оттиски шли тогда долго, а нетерпение публики было так велико, что газета «New York Herald Tribu-

¹⁾ Опубликованная статья носила название «К единой теории поля» [Эйнштейн, 1966o].

не» решилась на перепечатку научной статьи Эйнштейна на своих страницах. Перевод статьи на английский вместе со всеми формулами был опубликован 1 февраля 1929 года. Текст был передан через океан по телексу, но так как этот способ передачи информации подразумевал кодирование только латинских букв и цифр, то по заданию газеты один профессор Колумбийского университета разработал специальную систему кодирования для формул и греческих букв. Статья, преобразованная по этой схеме, передавалась из Берлина в Нью-Йорк, где специалисты снова переводили ее в исходный вид [Fölsing, 1995. S. 686–687]. Думаю, немногие из читателей ньюйоркской газеты разобрались в сложных обозначениях ковариантных и контравариантных тензоров, не говоря уже о понятиях тензорной плотности, метрики Римана и абсолютного параллелизма, на которых построена статья Эйнштейна. Но тираж газеты эта публикация, без сомнения, повысила.

Как и предыдущие его работы по этой теме, статья Эйнштейна «К единой теории поля» заканчивалась оптимистично, но с долей сомнения:

«Более глубокое исследование следствий уравнений поля должно показать, действительно ли метрика Римана в соединении с абсолютным параллелизмом дает адекватное понимание физических свойств пространства. Согласно нашему исследованию, это не кажется невероятным» [Эйнштейн, 1966о. С. 258].

Вскоре, правда, окажется, что и этот оптимизм был преждевременным, но Эйнштейн не собирался сдаваться. Он пишет серию статей, уточняющих его построения. Некоторые его работы адресованы не специалистам, а достаточно широкой аудитории. В них он доступным языком рассказывает о достижениях и проблемах на пути к заветной цели. Показательна статья «О современном состоянии теории поля», написанная в том же 1929 году. В ней Эйнштейн рассказывает историю становления теории поля, представляющую, с его точки зрения, *«наиболее глубокую концепцию теоретической физики со времени основания последней Ньютоном»* [Эйнштейн, 1966р. С. 244]. И после введения в его новые построения, снова звучит оптимистичное заявление:

«После двенадцати лет поисков, полных разочарований, я открыл теперь метрическую структуру континуума, промежуточную между римановой и евклидовой, иссле-

дование которой ведет к действительно единой теории поля» [Эйнштейн, 1966р. С. 248].

Осенью 1929 года он почти уверен, что скоро преодолет оставшиеся трудности. В письме Паулю Эренфесту от 24 сентября Эйнштейн заверяет:

«Последние результаты столь прекрасны, что я полностью уверен: естественные уравнения поля из подобного многообразия должны быть найдены» [Fölsing, 1995. S. 687–688].

Эту уверенность не разделяли многие из его коллег. В глазах тех, кто еще недавно преклонялся перед творцом теории относительности, его активность по созданию общей теории поля была смешной и бесперспективной. Это отношение чувствовал и сам Эйнштейн. В письме сестре Майе от 22 октября 1929 года он жаловался:

«Я построил великолепную теорию при бойком недоверии и страстном порицании со стороны моих коллег по цеху» [Fölsing, 1995. S. 688].

Всего четыре года назад попытки Эйнштейна описать гравитацию и электричество в одной теории вызывали восторг и надежду. Например, Макс Борн писал ему 15 июля 1925 года:

«Твое сообщение об удачном объединении гравитации и электродинамики меня восхитило; использованный принцип действия выглядит очень просто» [Einstein-Born, 1969. S. 121].

В комментарии к этому письму Борн подтверждает:

«Тогда мы считали его цель достижимой и очень важной. Эйнштейн стремился к ней до конца своей жизни. Сомнения ко многим из нас пришли тогда, когда к двум известным типам полей добавились новые, прежде всего мезонное поле¹⁾ Юкавы, которое является прямым обобщением электромагнитного поля и служит для описания ядерных сил, потом поля, принадлежащие другим элементарным частицам. После этого мы стали склоняться к мнению, что нерестанные усилия Эйнштейна представляют собой трагическое заблуждение» [Einstein-Born, 1969. S. 126].

Однако были у физиков и другие причины сомневаться в правильности подхода Эйнштейна к общей теории поля. Особенно резким в оценках своего бывшего кумира показал себя Вольфганг Паули, прозванный Эренфестом за острый

¹⁾ Мезонное поле называют также полем сильного взаимодействия.

язык «бичом божьим». В письме Эйнштейну от 19 декабря 1929 года Паули убедительно подтверждает справедливость этого прозвища. В начале письма он предупреждает, что высказывает не только свое мнение, но говорит от лица большей части физиков молодого поколения:

«Вы будете отрицать, что о квантовой теории ничего не хотите знать. Я знаю и весьма сожалею об этом. Но я Вам должен еще сказать, что вывод Ваших уравнений поля не кажется мне таким уж обоснованным, и уже простейшие следствия из них не имеют ничего общего с обычными, подтвержденными опытом физическими фактами» [Pauli-Briefe-I, 1979. S. 526–527].

А далее Паули, словно меняясь с Эйнштейном местами, начинает защищать общую теорию относительности от ее создателя:

«И куда делись объяснения смещения перигелия Меркурия и отклонение лучей света солнцем? Кажется, что при Вашем аннулировании общей теории относительности они оказываются потерянными. Но я придерживаюсь этой прекрасной теории, даже если она Вами предана» [Pauli-Briefe-I, 1979. S. 527].

Конец письма очень эффектный. Паули пишет:

«Я не столь наивен, чтобы верить, будто Вы на основании чьей-то критики можете изменить свое мнение. Но я готов с Вами поспорить, что не пройдет и года, как Вы бросите свой “абсолютный параллелизм”, точно так же, как ранее Вы отказались от аффинной теории» [Там же].

Это письмо Альберт Эйнштейн нашел «забавным, но немного поверхностным». В ответе, написанном 24 декабря 1929 года, он обосновывает свою оценку:

«Так может рассуждать только тот, кто уверен, что рассматривает силы природы с правильной точки зрения. Я ни в коем случае не убежден, что выбранный мной путь должен быть верным. Но я полностью убежден, что он является самым простым мысленным путем из тех, которые я знаю. До тех пор, пока математические выводы не будут до конца продуманы, было бы несправедливо его за это осуждать на выброс» [Pauli-Briefe-I, 1979. S. 528].

По поводу квантовой механики Эйнштейн повторяет свои доводы о том, что не считает статистические закономерности окончательным свойством внешнего мира. По его мнению, современная квантовая механика предлагает «по-

луэмпирический путь», не ведущий достаточно глубоко в тайны природы. В конце своего ответа Эйнштейн, которому в том году исполнилось пятьдесят, дает двадцатидевятилетнему Паули совет:

«Забудьте всё, что Вы говорили, и углубитесь разок в проблему с такой установкой, будто Вы с Луны вернулись и должны сформировать свое свежее мнение. И тогда скажите что-нибудь, но только не раньше, чем через четверть года» [Там же].

Формально Паули спор проиграл, но только потому, что не угадал со сроком. Эйнштейну потребовался не год, а два, чтобы отказаться от идеи использовать «абсолютный параллелизм». В письме Паули от 22 января 1932 года, написанном из калифорнийского города Пасадена, где расположен знаменитый Калифорнийский технологический институт, или сокращенно Калтех, Эйнштейн признал свое поражение: *«Вы всё-таки были правы, негодник вы этакий»* [*Pauli-Briefe-II, 1985. S. 109*].

Ради справедливости следует отметить, что уже в 1930 году Эйнштейн признал теорию абсолютного параллелизма неудачной. Для журнала «Science» он написал короткую заметку «Гравитационное и электромагнитное поля», в которой оценивает различные подходы к построению единой теории поля:

«С тех пор как в 1915 году была сформулирована общая теория относительности, теоретики настойчиво пытались найти общую основу для законов гравитационного и электромагнитного полей. Трудно было думать, что эти поля ответственуют двум пространственным структурам, между которыми нет фундаментальной связи. Отсюда возникли теории Вейля и Эддингтона, от которых, однако, авторы отказались, теория Калуцы и теория абсолютного параллелизма. После того, как мы проработали около года над дальнейшим развитием последней теории, мы пришли к заключению, что избрали неверный путь и теория Калуцы, хотя и неприемлема, но все же ближе к истине, чем другие теоретические построения» [Эйнштейн, 1966г. С. 347].

С порывистостью молодости Эйнштейн очаровывался новыми идеями, без сожаления расставался со старыми, не теряя при этом надежды и оптимизма в отношении скорого решения «задачи века». В том же письме «негоднику» Паули от 22 января 1932 года, в котором Альберт признал, что проиграл спор, он, тем не менее, с восхищением пишет об очередном подходе к единой теории поля:

«Меня радует, что Вам понравилась наша конструкция и Вы находите ее естественной. Порадуйтесь также и тому, что эта конструкция позволяет рассматривать поля без введения сингулярности электричества» [Pauli-Briefe-II, 1985. S. 109].

Эйнштейн тут имеет в виду серию из двух статей, появившихся в докладах Прусской академии наук в конце 1931 и в начале 1932 годов (русские переводы первой и второй статей: [Эйнштейн, 1966r] и [Эйнштейн, 1966s]). Главным инструментом нового подхода было введение пятимерных векторов в четырехмерном пространстве. Эти статьи были написаны вместе с ассистентом-математиком Вальтером Майером. Сотрудничество с ним Альберт ценил так высоко и такие надежды возлагал на совместную работу, что поставил условием своего переезда в Америку в 1933 году, чтобы Майер тоже получил постоянное место работы в Принстонском институте перспективных исследований. Директор Института Абрахам Флекснер в письме от 26 апреля 1933 года предостерегал Эйнштейна от чрезмерной привязанности к ассистенту, приводил примеры того, как часто связь профессор–ассистент разваливается, ассистент находит другого профессора или другую работу. Но Эйнштейн был непреклонен. В конце концов, Флекснер предоставил Майеру должность в том же институте, что и Эйнштейну, но через три года Альберт убедился, что многоопытный директор был прав: в Принстоне Майер прекратил с ним работу и занялся собственными исследованиями [Беркович, 2018. С. 201–202].

О значении совместных работ с Майером Эйнштейн рассказывает в письме от 30 октября 1931 года ближайшему другу Мишелю Бессо:

«Единственное, что удалось в нашем исследовании, – объединить гравитацию и электричество, причем уравнения последнего в точности совпадают с уравнениями Максвелла для пустого пространства (записанными в релятивистском виде – Прим. А. Эйнштейна). Никакого физического прогресса при этом не достигается, разве что становится ясно, что уравнения Максвелла – не только первое приближение, но и рационально обоснованы столь же хорошо, как и уравнения гравитации для пустого пространства» [Эйнштейн-Бессо-2, 1980. С. 5].

Правда, Эйнштейн не обольщается результатами:

«Ни плотности заряда, ни плотности массы не существует, и все великолепие рушится, мы имеем дело уже с квантовой проблемой, которую до сих пор еще никому не удавалось разрешить с позиций теории поля (так же, как никому не удавалось построить теории относительности, исходя из квантовой механики – Прим. А. Эйнштейна)» [Там же].

Ничто не могло заставить Эйнштейна прервать работу. Даже смерть Эльзы 20 декабря 1936 года, всего через три года после переезда в Принстон, не остановила ученого: он утверждал, что именно в эти горестные дни работа необходима ему как никогда.

Поиск единой теории поля Эйнштейн не прекращал до конца жизни. До последних своих дней он верил, что цель достижима. За день до смерти, случившейся в ночь на понедельник 18 апреля 1955 года, он попросил принести свои последние выкладки по этой теме.

«Завидная судьба»

Через две недели после своего семидесятилетия, которое он назвал «грустным событием», Альберт Эйнштейн в письме Морису Соловину от 28 марта 1949 года выглядит уставшим и разочарованным:

«Вы думаете, что я с чувством полного удовлетворения смотрю на дело всей моей жизни. Вблизи же все выглядит иначе. Нет ни одного понятия, относительно которого я был бы уверен, что оно останется незыблемым. Я даже не уверен, что нахожусь на правильном пути вообще. Современники же видят во мне еретика и реакционера, который, так сказать, пережил самого себя. Все это, конечно, вопрос моды и объясняется их недомыслием, но чувство неудовлетворенности поднимается во мне изнутри» [Эйнштейн, 1967а. С. 561].

Несмотря на то, что преодолеть математические трудности создания единой теории поля автору теории относительности не удастся ни с одним из посланных ему судьбой ассистентов, Эйнштейн не считал свою работу бесполезной. Напротив, в письме от 14 декабря 1946 года Мишелю Бессо, с которым он делился самым сокровенным, Альберт называет ее плодотворной и верит в будущее признание:

«Единственный, с кем мне приходится иметь дело де факто, – это мой ассистент, вместе с которым я тружусь

над приложениями теории относительности, – тихая, плодотворная работа, значение которой будет со временем признано» [Эйнштейн-Бессо-2, 1980. С. 17].

Надежда пронизывает и его письмо Мишелю от 15 апреля 1950 года, хотя автор отдает себе отчет в немыслимой сложности задачи:

«Отсюда получается, что возможность сравнения с чем-то известным из опыта следует ожидать только в том случае, когда найдены строгие решения системы уравнений, в которых отразятся известные из опыта образы и их переменные воздействия. Но так как это чудовищно трудно, то можно понять и скептическую позицию современных физиков. Пока что они имеют полное право считать мой путь неплодотворным. Но долго это продолжаться не будет. Постепенно они увидят, что с помощью квазиэмпирического метода в сути вещей не разобраться» [Эйнштейн-Бессо-2, 1980. С. 38].

Трудность задачи не обескураживает ученого, напротив, он сражается с проблемами, не жалея себя, как Дон Кихот сражался с ветряными мельницами. Не зря и сам Эйнштейн вспоминает героя романа Сервантеса в одном из последних посланий к Мишелю Бессо. В том же письме от 15 апреля 1950 года мы читаем:

«Это верно, что при таких обстоятельствах оказываешься в положении Дон Кихота, поскольку нет никакой уверенности в том, что когда-либо будет возможность узнать, “истинна” ли теория или нет» [Эйнштейн-Бессо-2, 1980. С. 37].

Чем дольше длится борьба за единую теорию поля, тем чаще приходят сомнения. В письме Бессо от 12 декабря 1951 года они выражены наиболее ярко:

«Целых 50 лет сознательного поиска ничуть не приблизили меня к ответу на вопрос: что такое кванты света? Сегодня же любой прохожим считает, что ему это известно, но он заблуждается. В возможности естественного обобщения гравитационных уравнений я теперь уверен, но не могу выяснить, кроется ли за этим что-либо физически истинное» [Эйнштейн-Бессо-2, 1980. С. 41].

Вот одно из типичных признаний старому другу Мишелю, сделанное 24 июля 1949 года:

«После нескольких лет работы я, наконец, нашел естественное обобщение уравнений гравитационного поля; я по-

лагаю, что оно окажется пригодным для единой теории поля. Однако из-за того, что вычислить соответствующие интегралы очень трудно, я не располагаю вескими аргументами ни за, ни против. Авгурь сходятся на том, что современной математике с этим не справиться. Но я не прекратил борьбу и мучительно занимаюсь этим денно и нощно» [Эйнштейн-Бессо-2, 1980. С. 22–23].

Но как всегда у Эйнштейна, на смену сомнениям вновь приходит надежда, что он на правильном пути. В письме Мишелю Бессо от 6 марта 1952 года читаем:

«Должен тебе сказать, что мне при обобщении общей теории относительности удалось добиться весьма решительного успеха (пару недель тому назад). До сих пор уравнения для несимметричного поля не были однозначно определены. Теперь этот недостаток преодолен расширением групповых свойств поля» [Эйнштейн-Бессо-2, 1980. С. 44].

В отличие от большинства коллег-физиков, которые ищут законы природы, отталкиваясь от опытных фактов, Альберт Эйнштейн шел другим путем: он пытался сформулировать теорию, исходя из общих логических требований к ней. Свой путь он обосновывает такими соображениями (письмо Бессо от 20 марта 1952 года):

«И чем дальше продвигается теория, тем отчетливее становится ясным, что индуктивным путем нельзя найти основные законы, на основе одних опытных фактов (например, уравнения поля тяготения или уравнения Шредингера в квантовой механике)» [Эйнштейн-Бессо-2, 1980. С. 45].

И затем следует чеканная формулировка, достойная войти в учебники философии познания: *«Путь от частного к общему интуитивен, путь от общего к частному – логичен»* [Там же].

Именно с помощью смелых логических допущений можно, по мнению Эйнштейна, построить новую единую теорию, которую подтвердят результаты экспериментов:

«И мы как раз весьма далеки от существования разумной и согласующейся с фактами теории света и материи! Мне кажется, что продвинуть этот вопрос дальше смогут только смелые умозрительные заключения, а не аккумуляция опытных данных. Имеется более чем достаточно непонятого экспериментального материала» [Эйнштейн-Бессо-2, 1980. С. 54].

И все же сомнения не оставляют. Не видеть безуспешность своих многолетних усилий великий физик не мог. И

от самого близкого друга, с которым сохранил на всю жизнь общение на «ты», скрыть свою неуверенность он и не пытался (письмо Бессо от 14 мая 1954):

«В случае обобщенной теории поля дело настолько запутано, что мне и самому не ясно, следует ли верить в ее истинность или нет. Над этим еще многие поломают себе голову и после того, как меня не станет» [Эйнштейн–Бессо-2, 1980. С. 66].

И в другом письме от 22 сентября 1953 года: *«Мы, наверное, не доживем до решения этого вопроса» [Эйнштейн–Бессо-2, 1980. С. 61].*

В последнем письме Мишелю Бессо от 10 августа 1954 года Эйнштейн допускает, что все последние десятилетия шел не тем путем:

«Но я считаю вполне возможным, что физика может быть обоснована не только с помощью понятия поля, т. е. непрерывной структуры. Тогда из всего моего воздушного замка, включая и теорию гравитации, да и всю остальную нынешнюю физику, ничего не останется» [Эйнштейн–Бессо-2, 1980. С. 71–72].

Альберт Эйнштейн привык в одиночку решать сложнейшие задачи. Триумф общей теории относительности, к которому он упорно шел в течение десяти лет, давал надежду, что и с единой теорией поля, охватывающей и макро- и микромир, тоже удастся рано или поздно справиться. Но в невысказанной сложности этой задачи ученый не сомневался. Этому его тоже научил богатый жизненный опыт. Верному Мишелю Бессо он как-то признался (письмо от 15 апреля 1950):

«За свою долгую жизнь я научился одному: подобраться к Нему поближе чертовски трудно, если только стремиться проникнуть вглубь» [Эйнштейн–Бессо-2, 1980. С. 39].

Опускать руки и останавливаться на полпути Альберт не привык. Всю жизнь он работал, используя каждую свободную минуту. И до последнего часа не прекращал *«стремиться проникнуть вглубь»*.

Однако здоровье ученого становилось все хуже и хуже. Морису Соловину он признается в письме от 27 февраля 1955 года:

«Я только что преодолел довольно тяжелую анемию, от которой меня избавило медицинское искусство. Колеса снова кое-как крутятся, только мозг слегка заржавел. Нельзя не признать, что дьявол добросовестно ведет счет годам» [Эйнштейн, 1967а. С. 575].



Альберт Эйнштейн с секретарем Хелен Дюкас (слева) и приемной дочерью Марго. 1950-е годы

Вечером в среду 13 апреля 1955 года с Эйнштейном случился приступ, связанный с хронической аневризмой брюшной аорты. О своей болезни он знал давно, но от операции отказывался. Его слова сохранила бессменный секретарь последних десятилетий Хелен Дюкас:

«Я уйду, когда сам того захочу. Искусственно продлевать жизнь – бездарно. Я сделал свое, пора уходить. Я хочу уйти красиво» [Пайс, 1989. С. 454–455].

В пятницу 15 апреля Эйнштейна перевели в принстонский госпиталь. На последнюю встречу с отцом прилетел старший сын Ганс Альберт. После уколов морфия больному стало лучше, и в субботу он позвонил домой, попросив принести ему очки и последние заметки по единой теории поля.

В январе 1951-го Эйнштейн написал бельгийской королеве-матери, с которой в тридцатые годы играл струнные квартеты:

«Я больше не играю на скрипке. С годами мне становится невыносимым слушать собственную игру. Надеюсь, Вас не постигла та же участь. Что еще остается мне – это бесконечная работа над сложными научными проблемами. Волшебное очарование этой работы останется со мной до последнего вздоха» [Хофман, 1983. С. 197].

Он и работал до последнего вздоха. Абрахам Пайс, часто беседовавший с Эйнштейном в Принстоне, описывает свою последнюю встречу с ним в декабре 1954 года. Ученый болел

и несколько недель не показывался в институте, а Пайс хотел с ним попрощаться перед тем, как уехать в отпуск:

«Войдя в дом, я поднялся на второй этаж и постучал в дверь его кабинета. Раздался тихий голос: “Войдите”. Эйнштейн сидел в кресле, на ноги было наброшено одеяло, на коленях лежал блокнот. Он работал. Эйнштейн тут же отложил записи и поздоровался со мной. Мы приятно провели с полчаса, разговаривая, не помню уж о чем. Затем мы попрощались, обменявшись рукопожатием. Подойдя к двери кабинета, до которой было шагов пять, я оглянулся. Эйнштейн сидел в кресле с блокнотом на коленях, с карандашом в руке, забыв обо всем. Он работал» [Пайс, 1989. С. 455].

Двенадцать страничек, испещренных формулами и уравнениями, остались на его прикроватной тумбочке в принстонском госпитале, когда в четверть второго ночи в понедельник 18 апреля сердце Альберта Эйнштейна остановилось.

В письме жене Макса Борна Хедвиг, написанном уже после смерти Эйнштейна, его падчерица Марго описала последние часы великого ученого:

«Сначала я его не узнала, так он изменился в лице от болей и потери крови. Но его сущность осталась прежней. Он обрадовался тому, что я немного лучше выгляжу, шутил со мной и полностью осознавал свое состояние; он говорил с глубоким спокойствием – даже с легким юмором – о врачах и ожидал своего конца как предстоящее природное событие. Таким же бесстрашным, каким он был в жизни, таким же спокойным и скромным был он перед лицом своей смерти. Без сентиментальности и без сожаления ушел он из этого мира» [Einstein-Born, 1969. S. 310].

Словно предвидя свой конец, он писал Мишелю Бессо 24 июля 1949 года:

«Завидная судьба, когда до последнего вздоха ты захвачен работой» [Эйнштейн-Бессо-2, 1980. С. 23].

Как не раз случалось с Эйнштейном, его слова снова оказались пророческими.

Счастливым Сизиф

В 1960-х и 1970-х годах отношение физиков к великому замыслу Эйнштейна стало меняться. В эти годы идеи Эйнштейна о единой теории поля переживали своеобразный ренессанс. Вот что рассказал в одном интервью главный научный сотрудник Института теоретической физики им.

Л.Д. Ландау профессор Александр Белавин, лауреат многих престижных премий, в том числе премии им. Померанчука по теоретической физике и премии им. Ларса Онзагера – ежегодной премии Американского физического общества:

«В 1970-е годы возникла известная сегодня Стандартная модель – теория, которая описывает наш мир. Она говорит, что все вокруг устроено из фундаментальных частиц: кварков, лептонов и так далее, которые между собой связаны посредством трех фундаментальных взаимодействий – сильного, слабого и электромагнитного. Есть еще гравитационное, которое в Стандартную модель не укладывается. Это очень разные связи, но оказывается, что с точки зрения математики они все построены по одному принципу – “калибровочной инвариантности”. Когда ученые начинают это описывать в виде формул и уравнений, мы видим, что это одна и та же математическая структура, и это совершенно потрясающе! Можно предположить, что наш мир можно описать каким-то единым законом, единой теорией. Теорией, которая будет описывать все взаимодействия фундаментальных частиц, включая гравитационное» [Белавин, 2019. С. 30].

В 1979 году академик Я.Б. Зельдович в статье, посвященной столетию Эйнштейна, подчеркивал:

«Но проходят десятилетия, и мы со все большим почтением относимся к постановке задачи в самом общем смысле. На наших глазах развиваются единые теории – теории, объединяющие слабое и электромагнитное взаимодействие, на очереди их объединение с теорией ядерных сил и сильного взаимодействия. Сама тенденция к объединению теорий плодотворна. Когда-нибудь – рано или поздно – придет и синтез теории элементарных частиц с теорией тяготения. Этот синтез будет очень не похож на „единую теорию поля« 1925–1955 гг., и все же мы должны будем вспомнить и оценить устремления Эйнштейна» [Зельдович, 1979. С. 8].

Отмечая выдающуюся роль автора теории относительности в построении единой теории поля, Яков Борисович Зельдович признается:

«На долгом и трудном пути познания природы мы снова и снова находим идеи, восходящие к Эйнштейну» [Там же].

Прошедшие с тех пор четыре десятилетия подтверждают слова академика Зельдовича. Казавшаяся маргинальной и обреченной на провал задача, поставленная перед самим собой Эйнштейном, стала одной из главных для современных

физиков и математиков. На стыке наук родилась теория струн, целью которой, по словам профессора Белавина, является «*построение фундаментальной единой теории микромира*» [Белавин, 2019. С. 30], т. е. именно то, к чему всю жизнь упорно шел автор теории относительности, так и не добившись окончательного результата.

Словно Сизиф, переживал Эйнштейн крах очередной теории, которую заботливо, камень за камнем, строил год за годом. Но ни научные неудачи, ни предательства сотрудников, на которых возлагались большие надежды, не выбивали ученого из седла. Эйнштейн продолжал упорно работать, готовя к публикации новые и новые статьи, как самостоятельно, так и в соавторстве с другими ассистентами. Один из них, Эрнст Штраус, так описывает типичный ход такой работы:

«Первая теория, над которой мы работали, когда я стал его ассистентом, разрабатывалась самим Эйнштейном уже более года, и мы продолжали работать над ней еще около девяти месяцев. Однажды вечером я нашел некоторый класс решений уравнения поля, и на следующее же утро оказалось, что эта теория лишилась своего физического содержания. Всё утро мы ворочали ее и так, и этак, но неизбежно приходили всё к тому же выводу. Мы отправились домой на полчаса раньше. Должен сказать, что я был совершенно удручен случившимся. Интересно, думал я, если чувствует себя так скверно из-за того, что разрушилось воздвигнутое здание, простой рабочий, то как же должен чувствовать себя архитектор!» [Хофман, 1983. С. 185].

Так думали многие люди и приходили к выводу, что Эйнштейн второй половины своей жизни – неудачник и несчастный человек. Ведь его попытки решить поставленную задачу одна за другой терпели неудачу. Но думать так о великом физике, значит – абсолютно его не понимать. Неудачи не обескураживали ученого – он привык решать трудные задачи десятилетиями. Эрнст Штраус продолжает воспоминания о дне после очередного крушения надежд:

«Когда на следующий день я пришел на работу, Эйнштейн был взволнован и полон энергии: “Послушайте, я думал над этим всю ночь, и мне кажется, что правильно было бы...” Так было положено начало разработке совершенно новой теории, которая также через полгода превратилась в кучу макулатуры и над которой скорбели не дольше, чем над предыдущей» [Там же].

После провала очередной попытки добиться от новой теории физически проверяемых результатов, Эйнштейн в письме Мишелю Бессо от 8 августа 1949 года признается:

«У меня уже построена теория, строго последовательная и достаточно разумная, но моих математических методов не хватает для разработки осязуемых следствий» [Эйнштейн-Бессо-2, 1980. С. 25].

Тем не менее, он сам в письме Соловину от 28 марта 1949 года подтверждает свое душевное спокойствие:

«Впрочем, иначе и быть не может, если ты критически относишься к себе, честен, а чувство юмора и скромность позволяют сохранять внутреннее равновесие, несмотря на все внешние воздействия» [Эйнштейн, 1967а. С. 561–562].

А другу Мишелю Бессо Эйнштейн высказывается еще более сочно:

«Все, что я тебе пишу, ты можешь показывать, кому захочешь. Я давно махнул рукой на всякое засекречивание. Да я к тому же не поп, который несчастен, если ему не удастся обратить других в свою веру» [Эйнштейн-Бессо-2, 1980. С. 32].

В письме Соловину от 27 июня 1938 года Эйнштейн говорит об одиночестве без сожаления и горечи:

«В Европу я не собираюсь. Лето проведу в каком-нибудь тихом уголке и вообще постараюсь устроиться так, чтобы поменьше иметь дела с людьми. Если кто-нибудь и может понять мое желание, так это Вы» [Эйнштейн, 1967а. С. 556].

Внутренней связи с единомышленниками он не терял никогда. В речи «Мое кредо» 1932 года об этом прямо сказано:

«Хотя в повседневной жизни я типичный индивидуалист, все же сознание незримой общности с теми, кто стремится к истине, красоте и справедливости, не позволяет чувству одиночества овладеть мной» [Эйнштейн, 1967g. С. 176].

Мнение творцов квантовой механики относительно усилий Эйнштейна идти своим путем со временем менялось. Поль Дирак в своих «Воспоминаниях о необычайной эпохе», по сути, соглашается с точкой зрения вечного оппонента Нильса Бора и Вернера Гейзенберга, считавшего их детище «теорией правильной, но неполной»:

«Я не исключаю возможности, что в конце концов может оказаться правильной точка зрения Эйнштейна, потому что современный этап развития квантовой теории

нельзя рассматривать как окончательный. В этой теории существует немало нерешенных проблем, о которых я расскажу позже... Современная квантовая механика – величайшее достижение, но вряд ли она будет существовать вечно. Мне кажется весьма вероятным, что когда-нибудь в будущем появится улучшенная квантовая механика, в которой мы вернемся к причинности и которая оправдывает точку зрения Эйнштейна. Но такой возврат к причинности может стать возможен лишь ценой отказа от какой-нибудь другой фундаментальной идеи, которую сейчас мы безоговорочно принимаем. Если мы собираемся возродить причинность, то нам придется заплатить за это, и сейчас мы можем лишь гадать, какая идея должна быть принесена в жертву. Таковы основные положения, связанные с фундаментальными уравнениями новой механики и с их интерпретацией» [Дирак, 1990. С. 131].

Свои разногласия со сторонниками квантовой механики Альберт Эйнштейн в последний раз озвучил в 1955 году незадолго до смерти в заметке «Автобиографические наброски»:

«Со времени завершения теории гравитации теперь прошло уже сорок лет. Они почти исключительно были посвящены усилиям вывести путем обобщения из теории гравитационного поля единую теорию поля, которая могла бы образовать основу для всей физики. С той же целью работали многие. Некоторые обнадеживающие попытки я впоследствии отбросил. Но последние десять лет привели, наконец, к теории, которая кажется мне естественной и обнадеживающей. Я не в состоянии сказать, могу ли я считать эту теорию физически полноценной; это объясняется пока еще непреодолимыми математическими трудностями; впрочем, такие же трудности представляет применение любой нелинейной теории поля. Кроме того, вообще кажется сомнительным, может ли теория поля объяснить атомистическую структуру вещества и излучения, а также квантовые явления» [Эйнштейн, 1967е. С. 355–356].

Комментируя противостояние Эйнштейна мнению большинства физиков, Поль Дирак склоняется к позиции автора теории относительности:

«Большинство физиков вполне довольны достигнутой точностью теории, но Эйнштейн не сдавался. Он, конечно, знал об этой точности, но всё же считал, что теория неверна в самой основе, а потому выбранный путь не приведёт к

серьезным успехам в физике. В этой полемике я скорее склонен согласиться с Эйнштейном. Думаю, что в конце концов Эйнштейн может оказаться правым, однако утверждать этого нельзя до тех пор, пока в нашем распоряжении не появится новая квантовая механика, более совершенная, чем та, что у нас есть сейчас» [Дирак, 1990. С. 52].

Жизнь Эйнштейна – прекрасная иллюстрация к мысли Альбера Камю, высказанной в новелле «Миф о Сизифе»:

«Сизиф учит высшей верности, которая отвергает богов и двигает камни. Он тоже считает, что все хорошо. Эта вселенная, отныне лишенная властелина, не кажется ему ни бесплодной, ни ничтожной. Каждая крупинка камня, каждый отблеск руды на полночной горе составляет для него целый мир. Одной борьбы за вершину достаточно, чтобы заполнить сердце человека. Сизифа следует представлять себе счастливым» [Камю, 1989. С. 354].

Давать оценку жизни Эйнштейна может лишь тот, кто сам причастен к высокому творчеству. Ученый словно предвидел, сколько непрошенных судей и несправедливых приговоров обретет он после ухода. В эссе «Религия и наука», написанном в 1930 году, он предупреждает:

«Тем же, кто судит о научном исследовании главным образом по его результатам, нетрудно составить совершенно неверное представление о духовном мире людей, которые, находясь в скептически относящемся к ним окружении, сумели указать путь своим единомышленникам, рассеянными по всем землям и странам. Только тот, кто сам посвятил свою жизнь аналогичным целям, сумеет понять, что вдохновляет таких людей и дает им силы сохранять верность поставленной перед собой цели, несмотря на бесчисленные неудачи. Люди такого склада черпают силу в космическом религиозном чувстве» [Эйнштейн, 1967d. С. 129].

О своем ощущении счастья Эйнштейн рассказал в 1925 году, когда Лондонское Королевское астрономическое общество наградило его Золотой медалью:

«Тому, кому удастся найти идею, позволяющую проникнуть несколько глубже в вечную тайну природы, оказана великая милость. Кто при этом заслуживает еще признания, симпатии и авторитета у лучших людей своего времени, тот получает, пожалуй, большее счастье, чем может вынести человек» [Хофман, 1983. С. 201].

Эйнштейн всю жизнь был одержим работой. Он мог трудиться в любых условиях, в кабинете, в каюте, в шалаше... Он доводил себя до полного изнеможения, годами решая неподдающуюся проблему. И, тем не менее, эта работа делала его счастливым. Эйнштейн не мог не работать, будто какая-то непреодолимая сила, которую он иногда называл Сфинкс, заставляла его брать в руки карандаш или перо. В 1950 году, отвечая даме, которая поздравила его с днем рождения, Эйнштейн так описал эту силу:

«Весь год Сфинкс пристально смотрит на меня с упреком; он вычеркивает из жизни все личное и причиняет мне боль, напоминая о Непостижимом. <...> Сфинкс ни на минуту не отпускает меня» [Хофман, 1983. С. 202].

В то же время, соприкосновение с Непостижимым вдохновляло. В 1932 году Эйнштейн произнес небольшую речь «Мое кредо», звуковая запись которой была издана в виде патефонной пластинки. В этой речи он в частности сказал:

«Самое прекрасное и глубокое переживание, выпадающее на долю человека, – это ощущение таинственности. Оно лежит в основе религии и всех наиболее глубоких тенденций в искусстве и науке. Тот, кто не испытал этого ощущения, кажется мне, если не мертвецом, то во всяком случае слепым. Способность воспринимать то непостижимое для нашего разума, что скрыто под непосредственными переживаниями, чья красота и совершенство доходят до нас лишь в виде косвенного слабого отзвука, – это и есть религиозность. В этом смысле я религиозен. Я довольствуюсь тем, что с изумлением строю догадки об этих тайнах и смиренно пытаюсь мысленно создать далеко не полную картину совершенной структуры всего сущего» [Эйнштейн, 1967g. С. 176].

Человек, который всю жизнь, как Эйнштейн, стоял перед лицом таинственного, просто не мог не быть счастливым. В этом без патетики и высоких слов признался ученый в письме 1939 года бельгийской королеве-матери:

«Я благодарен судьбе за то, что она сделала жизнь волнующим переживанием, так что жизнь показалась осмысленной» [Хофман, 1983. С. 199].

В конце «Автобиографических набросков» Альберт Эйнштейн подводит им итог, который без колебаний можно отнести ко всей его жизни:

«Как бы то ни было, нам остаются в утешение слова Лессинга: “Стремление к истине ценнее, дороже уверенного обладания ею”» [Эйнштейн, 1967e. С. 356].

Литература

Eddington Arthur, 1921. A generalisation of Weyl's theory of the electromagnetic and gravitational fields // Proceeding of the Royal Society, 1921. Vol. 99, Issue 697, p. 104–122.

–. **1920.** Space, Time and Gravitation; an Outline of the General Relativity Theory. – Cambridge: University Press, 1920. 210 p.

Einstein Albert, 1912. Gibt es eine Gravitationswirkung die der elektromagnetischen Induktionswirkung analog ist? // Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medizin (ser. 3), 1912. Bd. 44, S. 37–40.

Einstein–Born, 1969. Albert Einstein – Hedwig und Max Born. Briefwechsel 1916–1955. – München: Nymphenburger Verlagshandlung, 1969. 329 S.

Einstein-philosopher, 1949. Albert Einstein philosopher-scientist / Ed. by P.A. Schillp. The library of the living philosophers, v. 7. – Illinois: Evanston, 1949. xvi + 781 p.

Einstein–Zangger, 2012. Seelenverwandte: Der Briefwechsel zwischen Albert Einstein und Heinrich Zangger (1910–1947) / Schulmann, Robert (Hrsg.). – Zürich: NZZ Libro, 2012. 636 S.

Fölsing Albrecht, 1995. Albert Einstein. Eine Biographie. Ulm : Suhrkamp, 1995. 959 S.

Gerlach Walter, 1979. Erinnerungen an Albert Einstein 1908–1930. Weinheim 1979 // Physikalische Blätter, 1979. Bd. 35, N. 3, S. 93–102.

Hermann Armin, 1994. Einstein. Der Weltweise und sein Jahrhundert. Eine Biographie. – München: R. Piper, 1994. 635 S.

Pauli–Briefe-I, 1979. Pauli, Wolfgang. Wissenschaftlicher Briefwechsel mit Bohr, Einstein, Heisenberg u.a. Band I: 1919–1929 / Hrsg. von. Hermann Armin u.a. – Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer Verlag, 1979. LII + 577 S.

Pauli–Briefe-II, 1985. Pauli, Wolfgang. Wissenschaftlicher Briefwechsel mit Bohr, Einstein, Heisenberg u.a. Band II: 1930–1939 / Hrsg. v. Karl von Meyenn u.a. – Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer Verlag, 1985. 712 S.

Айзексон Уолтер, 2016. Альберт Эйнштейн. Его жизнь и его Вселенная. – М.: АСТ, 2016. 832 с.

Белавин Александр, 2019. «А что если у пространства десять измерений?» Беседовала Елена Кудрявцева // Огонёк, 2019. № 29–30 от 05.08., с. 30.

Беркович Евгений, 2018. Революция в физике и судьбы ее героев. Альберт Эйнштейн в фокусе истории XX века. – М.: URSS, 2018. 368 с.

Борн Макс, 1963а. Альберт Эйнштейн и световые кванты / Борн М., Физика в жизни моего поколения. – М.: Издательство иностранной литературы, 1963. С. 361–380.

- . **1963b**. Статистические теории Эйнштейна / Там же. С. 172–188.
- Брайен Дэнис, 2000**. Альберт Эйнштейн. / Пер. с англ. Е.Г. Гендель. – Минск: Попурри, 2000. 701 с.
- Вейль Герман, 1996**. Пространство, время, материя. Лекции по общей теории относительности / Перевод с немецкого и послесловие Вл.П. Визгина. – М.: Янус, 1996. 472 с.
- Визгин Вл.П., 2017**. Единые теории поля в квантово-релятивистской революции. Программа полевого геометрического синтеза физики. – М.: КомКнига, 2017. 312 с.
- Гейзенберг Вернер, 1962**. Замечания к эйнштейновскому наброску единой теории поля / Эйнштейн и развитие физико-математической мысли. Антология / Отв. ред. А.Т. Григорян – М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 63–68.
- Дирак Поль, 1990**. Воспоминания о необычайной эпохе. Сборник статей / Перевод с англ. Н.Я. Смородинской. Под ред. и с послесловием Я.А. Смородинского. – М.: Наука, 1990. 208 с.
- Зельдович Я.Б., 1979**. Альберт Эйнштейн, его время и творчество // *Природа*. 1979. № 3(763). С. 5–8.
- Камю Альбер, 1988**. Избранное / Сборник. Пер с франц. / Состав. и предисл. С. Великовского. – М.: Радуга, 1988. 464 с. (Мастера современной прозы)
- Пайс Абрагам, 1989**. Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна / Перевод с англ. В.И. и О.И. Мацарских. Под ред. А.А. Логунова. – М.: Наука, 1989. 568 с.
- Паули Вольфганг, 1962**. Единая теория поля / *Паули В.*, Теоретическая физика 20 века / Под ред. Я.А. Смородинского. – М.: Издательство иностранной литературы, 1962. С. 419–431.
- Хофман Банеш, 1983**. Альберт Эйнштейн: творец и бунтарь. – М.: Прогресс, 1983. 215 с.
- Эйнштейн Альберт, 1965**. Существует ли гравитационное воздействие, аналогичное электродинамической индукции? / Собрание научных трудов в четырех томах. Том I. – М.: Наука, 1965. С. 223–226.
- . **1966g**. Основные идеи и проблемы теории относительности. / Собрание научных трудов в четырех томах. Том II. – М.: Наука, 1966. С. 120–129.
- . **1966h**. К общей теории относительности / Там же. – М.: Наука, 1966. С. 134–141.
- . **1966j**. Теория аффинного поля / Там же. – М.: Наука, 1966. С. 149–153.

- . **1966k.** Единая полевая теория тяготения и электричества / Там же – М.: Наука, 1966. С. 171–177.
- . **1966l.** К теории связи гравитации и электричества Калуцы. II / Там же. – М.: Наука, 1966. С. 193–197.
- . **1966m.** Геометрия Римана с сохранением понятия «абсолютного» параллелизма / Там же. – М.: Наука, 1966. С. 223–228.
- . **1966n.** Новая возможность единой теории поля тяготения и электричества / Там же. – М.: Наука, 1966. С. 229–233.
- . **1966o.** К единой теории поля / Там же. – М.: Наука, 1966. С. 252–259.
- . **1966p.** О современном состоянии теории поля / Там же. – М.: Наука, 1966. С. 244–251.
- . **1966q.** Гравитационное и электромагнитное поля / Там же. – М.: Наука, 1966. С. 347–348.
- . **1966r.** Единая теория гравитации и электричества (совм. с В. Майером) / Там же. – М.: Наука, 1966. С. 366–386.
- . **1966s.** Единая теория гравитации и электричества. II (совм. с В. Майером) / Там же. – М.: Наука, 1966. С. 387–395.
- . **1966u.** Квантовая механика и действительность / Собрание научных трудов в четырех томах. Том III. – М.: Наука, 1966. С. 612–616.
- . **1967.** О методе теоретической физики / Собрание научных трудов в четырех томах. Том IV. – М.: Наука, 1967. С. 181–186.
- . **1967a.** Письма к Морису Соловину / Там же. – М.: Наука, 1967. С. 547–575.
- . **1967b.** Автобиографические заметки / Там же. – М.: Наука, 1967. С. 259–293.
- . **1967c.** Замечания к статьям / Там же. – М.: Наука, 1967. С. 294–315.
- . **1967d.** Религия и наука / Там же. – М.: Наука, 1967. С. 126–129.
- . **1967e.** Автобиографические наброски / Там же. – М.: Наука, 1967. С. 350–357.
- . **1967g.** Мое кредо / Там же. – М.: Наука, 1967. С. 175–176.
- Эйнштейн-Бессо-2, 1980.** Переписка А. Эйнштейна и М. Бессо. 1903–1955 / Эйнштейновский сборник 1977 / Сост. У.И. Франкфурт. – М.: Наука, 1980. С. 5–72.

А.В. Виноградов

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

Н.Г. БАСОВ ВО ГЛАВЕ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА АКАДЕМИИ НАУК СССР (1973–1988)

Исторический отрезок, в который укладывается предлагаемая статья, занимает небольшую долю периода научно-организационной деятельности Н.Г. Басова, составляющего свыше 50 лет. За прошедшие с тех пор 20 лет научный ландшафт в нашей стране и в мире кардинально изменился. Многие направления, поглощавшие интеллектуальные, человеческие и материальные ресурсы, сегодня не выглядят привлекательными, а иные оказались тупиковыми. Это относится как к прикладным, так и к фундаментальным наукам. Развивая эту мысль, заметим, что лишь ничтожная часть идей и результатов в обеих этих областях находит практическое применение, продолжающееся в течение длительного времени. Среди них можно смело указать связанные с именем Н.Г. Басова и его сотрудников «принцип мазера и лазера» (Нобелевская премия 1964 г. – Ч.Х. Таунс, Н.Г. Басов, А.М. Прохоров), полупроводниковые лазеры (1959), лазерный нагрев плазмы, включая достижение термоядерного синтеза (1961 г.), эксимерные лазеры (1970 г.), применение квантовых генераторов в метрологии, службе точного времени, эталонах времени и частоты, навигации, геодезии (см. ниже), многослойную рентгеновскую оптику (1976) и др. Одновременно с научной деятельностью Н.Г. Басов занимал ответственные государственные посты и участвовал в общественной жизни. Он был депутатом Совета Союза Верховного Совета СССР 9–11 созывов от Москвы, председателем правления Всесоюзного общества «Знание» (1978–1990 гг.), главным редактором журнала «Природа» (1967–1990 гг.), возглавлял секцию физики Комитета по Ленинским и Государственным премиям СССР в области науки и техники (1975–1991 гг.) и др. Однако, перейдем к главной теме статьи.

Когда в 1964 году я поступил на работу в ФИАН, научный и организационный талант *Н.Г.Басова* уже раскрылся в полной мере. Об этом можно было судить из разговоров среди студентов, аспирантов и молодых сотрудников. Истинный же масштаб его личности мне открылся много позже и продолжает удивлять и интересовать. Не пытаюсь нарисовать законченный портрет и не обращаясь к другим источникам, я расскажу, о чём узнал от разных поколений фиановцев, а также о том, что относится к моему собственному опыту административной работы (1974–1978 гг. – учёный секретарь ФИАН, 1978–1982 гг. – заместитель директора ФИАН *Н.Г. Басова*, 1999–2005 гг. – заместитель руководителя Отделения квантовой радиофизики (ОКРФ) ФИАН *Н.Г. Басова*). Уже много лет прошло, как он ушёл из жизни, однако, его личность и деятельность продолжают осмысливаться, формируя собственную страницу в истории советской и российской физики.

Ниже будет изложен взгляд автора – современника и иногда участника событий. С частичным использованием сведений, полученных от фиановцев, знавших Николая Геннадиевича до 1964 г.

Говоря о результатах деятельности *Н.Г. Басова*, прежде всего, следует сказать об уникальном коллективе Лаборатории квантовой радиофизики, который буквально по крупицам с начала 50-х годов собирался вокруг него с первых шагов его научной деятельности, а к середине 1980-х годов составлял более 300 учёных и специалистов. Там родились многие важные направления лазерной физики, велись теоретические и экспериментальные исследования, связанные с разработкой, созданием и применениями лазеров в научных исследованиях и многих других областях. Басовская Лаборатория (позже Отделение) квантовой радиофизики была хорошо известна в научном мире и в течение десятилетий оказывала заметное влияние на деятельность отечественных и зарубежных учёных. Причём роль самого Николая Геннадиевича была исключительно высока. Он сам определял тематику исследований либо, по мере развития коллектива, поддерживал идеи и предложения своих сотрудников. Он был в курсе всех текущих работ, так что встречи и визиты к нему были не только докладами о выполнении заданий, но и интересными и полезными для участников обсуждениями. Работы лаборатории находились под пристальным вниманием

зарубежных учёных. Советские научные журналы и препринты ФИАН оперативно переводились на Западе. Мне неоднократно рассказывали наши участники международных нелазерных конференций, что, узнав, где они работают, иностранцы задавали множество вопросов по только что опубликованным работам лаборатории, не имеющим никакого отношения к тематике конференции.

В те времена Правительство СССР уделяло серьёзное внимание развитию лазерной техники. На государственном уровне принимались решения о форсировании лазерных исследований в Академии наук и ВУЗах, об организации промышленного производства лазеров, подготовке кадров по новой специальности, координации действий привлечённых к работам предприятий около десятка министерств. Перепрофилировались старые и создавались новые отраслевые институты и производственные мощности. Большой личный вклад внесли в это Н.Г. Басов и А.М. Прохоров, работы которых и привели в своё время к созданию мазеров и лазеров.

Научная деятельность Басова, работы его лаборатории, руководимые им проекты государственного масштаба подробно описаны в литературе. С ними можно ознакомиться



Рис.1. В ФИАНе со своими сотрудниками:
Ю.М. Попов, Д.В. Ковалевский, О.Н. Крохин, Н.Г. Басов.
Конец 1960-х – начало 1970-х гг.
[Предоставлено Н.Г. Полухиной]

по его библиографии [1], работам [2–5], а также посвящённым этому вопросу научно-историческим и научно-популярным книгам и статьям. Здесь же речь пойдёт в основном о той стороне его работы, которая находилась вне научных тем, общественной и государственной деятельности. А именно о работе в руководстве ФИАН по обеспечению функционирования и развития института.

Научно-организационная деятельность Басова имела огромное значение не только для его лаборатории, но и для работы всего коллектива Физического института, его развития с начала 60-х до конца 80-х годов. Именно в этот период ФИАН, как тогда говорили «полифизический» институт, выдвинулся в ряд передовых центров физической науки СССР. В 1958 г. тридцатилетний доктор физико-математических наук Н.Г. Басов был назначен заместителем директора ФИАН. Проработав в этой должности до 1973 г., он сменил Д.В. Скобельцына на посту директора и руководил Институтом до 1988 г. Круг его общения был необычайно широк и включал сотрудников всех специальностей и рангов. Вместе со Скобельцыным он регулярно (а часто и в рабочем порядке) посещал все подразделения, включая филиа-

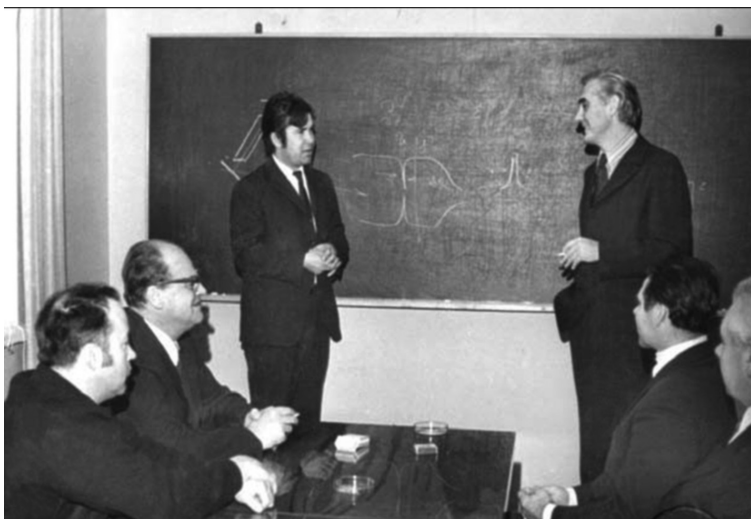


Рис.2. В ФИАНе со своими сотрудниками, рабочий момент: А.Н. Ораевский, Н.Г. Басов, Э.М. Беленов, О.Н. Крохин, В.В. Никитин, Д.В. Ковалевский. 1972 г.
[Предоставлено Н.Г. Полухиной]

лы¹⁾. Кроме того, вёл большую общественную работу, чем вызывал ревность собственных сотрудников, считавших, что им уделяется недостаточно времени. В какой-то период он одновременно исполнял обязанности секретаря парткома ФИАН.

В первые годы замдиректорства Басов подробно ознакомился с тематикой и состоянием дел во всех лабораториях, что впоследствии дало ему возможность эффективно помогать им как с научной, так и с административной стороны. Его высокий авторитет среди сотрудников ФИАН объясняется, прежде всего, талантом универсального физика и страстной тягой ко всему новому. Он быстро вникал в суть работы, стремился выделить ключевые проблемы и найти их решения, увлекая участников обсуждений своими идеями и убеждённостью. Подобные визиты, внимание, а также реальная поддержка начальства в поисках финансирования и оснащения оборудованием стимулировали научную деятельность и вдохновляли сотрудников, создавая творческую рабочую атмосферу в коллективах. Всё это относится не только к лазерным тематикам, но и ко всем без исключения научным направлениям Института того времени: физике полупроводников, оптике, спектроскопии и люминесценции, ра-

1) Привожу рассказ очевидца – бывшего директора Пушчинской радиоастрономической обсерватории Астрокосмического центра ФИАН, д.ф.м.н. Р.Д. Дагкесаманского, позволяющий окунуться в атмосферу ФИАН того времени. *«Будучи заместителем директора, а затем и директором ФИАН, он [НГБ] неоднократно посещал Радиоастрономическую станцию ФИАН в Пушчино. В начале 1970-х годов здесь активно шло сооружение нового гигантского радиотелескопа, средства на который выделялись не по статье капитального строительства, а непосредственно дирекцией ФИАН (в значительной степени благодаря активной поддержке Н.Г. Басова). Позже он приезжал, чтобы проверить, как справляется с делами новый, назначенный им, руководитель станции – Аркадий Дмитриевич Кузьмин (см рис. 8). В один из таких визитов (который состоялся 11 июля 1980 г.) он попросил разрешить ему позвонить в Москву Александру Михайловичу Прохорову. Услышав в трубке голос АМП, он произнёс: “От всей души, Александр Михайлович, поздравляю Вас с замечательным юбилеем”. На вопрос удивленного АМП, о каком юбилее говорит Николай Геннадьевич, он ответил: “Ну как же, сегодня Вам исполняется 64 года, а это ведь 2 в шестой степени и следующий такой день будет только через следующие 64 года!”».*

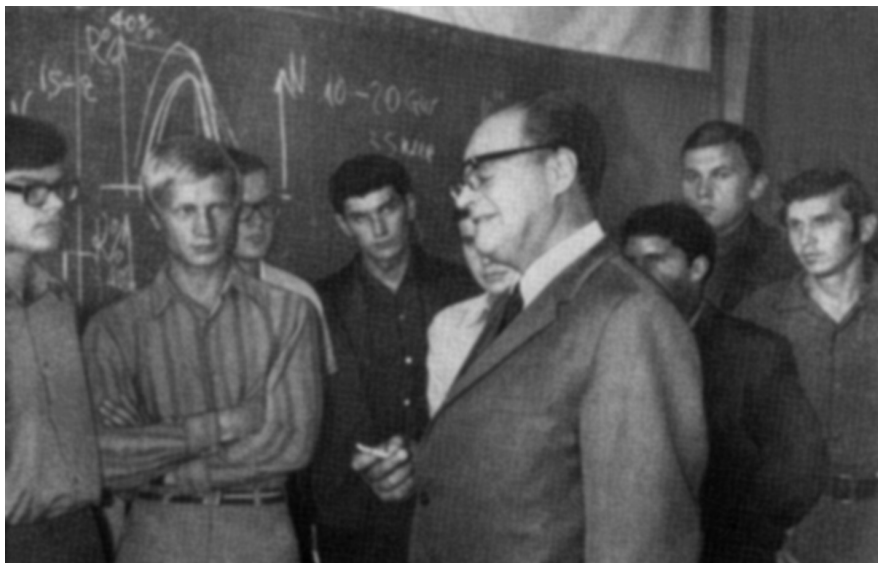


Рис.3. Семинар со студентами МИФИ. 1972 г.



Рис.4. С сотрудниками института в Политехническом музее на выпуске Научной кинопанорамы, посвящённом 250-летию ФИАН.
Слева направо: А.Н. Ораевский, А.П. Шотов, Н.Г. Басов, Н.В. Карлов, В.М. Каслин, Г.Г. Петраш. 1974 г.
[Предоставлено В.М. Каслиным]

диоастрономии, физике плазмы и ускорителей, ядерной и космической физике, физике Солнца, криогенной технике и др. Многие работы велись по постановлениям вышестоящих организаций и других ведомств.

Следует сказать об экспериментальной базе, которая чрезвычайно быстро расширялась и совершенствовалась. Внедрение средств автоматизации, вычислительной техники, приборный парк, создание уникальных и крупных установок – этими вопросами Николай Геннадиевич занимался непосредственно в Институте, в Академии, в министерствах, которые отвечали за выпуск научного оборудования, на уровне Совета Министров и отделов ЦК КПСС.

Видимо, считая, что новые знания приходят из опыта, он много внимания уделял повышению точности физических измерений, а также постановке новых экспериментов и проектированию для этого специальных физических установок.

При активной поддержке, а иногда и по инициативе Басова в ФИАНе строились радиотелескопы, ускорители, крупные плазменные установки, мощные лазеры, несколько лабораторий и отделов участвовали в разработке программ и аппаратуры для космических исследований со спутников и наземных станций, впервые в мире были созданы технологические процессы массового производства мишеней для лазерного термоядерного синтеза, разрабатывались соответствующие технологические установки, а на Троицкой площадке ФИАН было налажено их мелкосерийное производство для отечественных и зарубежных лабораторий.

На заре лазерной эры он в собственной лаборатории начал работы по квантовым стандартам частоты и лазерной локации Луны и спутников, которые привели к многократному увеличению точности измерений. В начале 60-х годов в ФИАНе создаётся водородный мазер.

Только через 10 лет Н.Г. Басов станет директором института, но уже сейчас проявляются его исключительные способности научного предвидения, умение находить и привлекать талантливых людей и государственный подход к делу¹⁾. Группу создателей водородного лазера под руководством В.М. Татаренкова вместе со своей установкой и оборудованием он передаёт во ВНИИФТРИ, г. Менделеево, продолжая фактически опекать её и там. Таким образом, ради решения важной задачи, стоящей перед страной, Н.Г. Басов лишает-

¹⁾ На изложенный ниже эпизод истории службы времени РФ указал автору В.И. Пустовойт.



Рис.5. Директор ФИАН Д.В. Скобельцын, его заместители А.И. Исаков и Н.Г. Басов с заведующими лабораториями Н.Н. Соболевым, Г.Т. Зацепиным и Б.М. Вулом. Конец 1960-х гг. [Предоставлено В.М. Березанской]



Рис.6. Актальный зал ФИАН. Производственное собрание сотрудников института. Слева направо: В.Н. Очкин, А.А. Коломенский, А.П. Шотов, А.Ф. Плотников, А.В. Виноградов, Н.Г. Басов, А.Д. Кузьмин, С.Л. Манделъштам, В.Л. Гинзбург, Л.А. Ипатов, А.М. Прохоров, М.С. Рабинович; ок. 1980 г. [Предоставлено В.М. Виноградовым]

ся части сотрудников, успешно работающих в одной из актуальнейших в тот момент областей науки. Уже в 1967 г. разработанный этой группой комплекс аппаратуры вошёл в официально утверждённый Государственный первичный эталон времени и частоты. Впоследствии В.М. Татаренков возглавил Главный метрологический центр Государственной службы времени и частоты. Несмотря на трудности, преодолеваемые наукой с начала 90-х годов, Россия в лице ВНИИФТРИ остаётся обладателем одной из самых точных в мире служб времени.

В те же 60-е годы под непосредственным руководством Басова в г. Троицке было создано Особое конструкторское бюро (ОКБ), выполнявшее производственные заказы для быстро развивающихся исследований ФИАН и других научных учреждений страны. Одновременно в том же Троицке была завершена организация Института спектроскопии РАН, основной костяк коллектива которого составили сотрудники Лаборатории спектроскопии и Лаборатории квантовой радиофизики ФИАН, что в значительной мере способствовало быстрому развитию лазерной тематики и определило лицо современного ИСАНа.

Активной и результативной работе Института на этом этапе была подчинена и кадровая политика. При деятельном



Рис.7. Беседа с Лайнусом К. Полингом, лауреатом двух Нобелевских премий – по химии (1954) и мира (1962), а также международной Ленинской премии «За укрепление мира между народами» (1970). ФИАН, 1978 г.

[Предоставлено Н.Я. Гончаровой]



Рис.8. На Радиоастрономической станции ФИАН в г. Пушино с заведующим лабораторией А.Д. Кузьминым (слева) и главным конструктором радиотелескопов П.Д. Калачёвым. 1980 г. [Предоставлено Р.Д. Дагкесаманским]



Рис.9. Лаборатория фотомезонных процессов ФИАН, г. Троицк. 1984 г. На международной конференции, посвящённой 80-летию лауреата Нобелевской премии, акад. П.А. Черенкова. [Предоставлено А.И. Львовым]

участии Николая Геннадиевича, профсоюзной и партийной организаций в ФИАНе был разработан порядок аттестации и утверждения в должностях учёных, инженеров, рабочих и обслуживающего персонала. По сути, речь шла об адаптации трудового законодательства к задачам Института. За словами м.н.с., с.н.с., зав. сектором, начальник установки, к.ф.-м.н., д.ф.-м.н. и др. кроме зарплаты появились смысл и обязанности.

На фоне широты интересов стоит упомянуть об особом отношении Басова к теоретическим исследованиям, что отмечал и Д.В. Скобельцын. Он ещё больше вдохновлялся, если текущая работа заводила в малоисследованные области физики или возникали тонкие и глубокие вопросы. В этих случаях он готов был обращаться к самым крупным авторитетам. Рассказывают, что будучи ещё молодым исследователем в связи с концепцией лазера он обсуждал с Л.Д. Ландау вопросы квантовой теории излучения. Вскоре после возникновения идеи лазерного термоядерного синтеза он развернул совместные работы с коллективом А.Н. Тихонова и А.А. Са-



Рис.10. Колонный зал Дома Союзов. Награждение ФИАН орденом Октябрьской революции. Заместитель Председателя Совета Министров СССР, председатель Государственного комитета СССР по науке и технике Г.И. Марчук – крайний слева, Н.Г. Басов – на переднем плане, сотрудник ФИАН А.И. Головашкин – крайний справа, слева от него – академик Г.К. Скрыбин. Май 1984 г.
[Предоставлено В.М Виноградовым]



Рис.11. Визит в ФИАН 1-го секретаря Московского городского комитета партии Б.Н. Ельцина. Слева направо: сотрудники ФИАН – В.М. Виноградов, Л.П. Пресняков, А.Н. Стародуб, А.С. Коржаков – помощник Б.Н. Ельцина, В.Б. Розанов, Н.Г. Басов, Б.Н. Ельцин, Г.В. Склизков, Ф.Ф. Светик – 1-й секретарь Октябрьского райкома партии. 1987 г. [Предоставлено В.М. Виноградовым]

марского, видных специалистов по математической физике и вычислительной математике, а также с теоретиками ядерных центров в Сарове и Снежинске, многие из которых продолжают и сейчас. Со студенческих лет Николай Геннадиевич сохранил дружбу с выдающимся теоретиком ядерщиком А.М. Балдиным. Хорошо знал многих сотрудников теоретдела ФИАН, относясь к ним как к партнёрам, у которых всегда можно получить квалифицированную консультацию и свободно обсудить волновавшие его научные проблемы самого широкого толка. Вскоре после основания собственной лаборатории он создал в ней группу теоретиков, ставшую позже сектором. Постоянно привлекал их внимание к проблемам, над которыми работали экспериментаторы, и в то же время одобрял тех, кто обращался к фундаментальным и трудным вопросам физики. Много было теоретиков среди его ближайших сотрудников и загов.

Крымская научная станция лазерной локации спутников и Луны в пос. Кацивели, Специальный факультет физики (Высшая школа физиков им. Н.Г. Басова) и две кафедры в НИЯУ МИФИ; сборник, а впоследствии журнал «Квантовая электроника»; журнал «Journal of Soviet Laser Research», впоследствии «Journal of Russian Laser Research»; Куйбышевский (Самарский) филиал ФИАН – всё это плоды идей Н.Г. Басова, практической работы его лично и его соратников. Многие из этих идей и начинаний существуют и в наше время, живой нитью связывая нас с достижениями советской и российской науки.

Много позже описанных событий я узнал, что у Николая Геннадиевича было большое число поклонников, как сейчас принято говорить, фанатов, таких же преданных науке людей, как и он сам, но не обязательно являющихся профессиональными учёными¹⁾. Они и сейчас продолжают участвовать в связанных с именем Басова мероприятиях. И это лишний раз подчёркивает образовательную и воспитательную силу его таланта.

Автор признателен С.М. Кутузову и А.Н. Стародубу за неоднократные обсуждения в процессе написания статьи, а также О.И. Акинфиевой, В.М. Березанской, В.М. Виноградову, Н.Я. Гончаровой, Р.Д. Дагкесаманскому, В.Д. Зворы-

¹⁾ Встречал их у нас и за рубежом. Пояснить подробно трудно, но вспомнились три эпизода. Л.В. Келдыш на одном из официальных мероприятий сказал мне (не имея к этому никакого повода), что считал мышление Басова совершенно необычным (быть может, неожиданным) и высоко ценил это. Потом добавил: «...как у Фейнмана». Другой эпизод: А.М. Прохоров на похоронах Басова в ФИАНе рассказывал о Басове-студенте, пришедшем на практику в его группу: «...и вдруг он начал ходить и говорить, что молекула – это устройство, как радиосхема. Она может усиливать, ещё что-то... Мы решили, что у него, понимаете, крыша поехала». Впоследствии примерно об этом же, но в других выражениях, говорила по ТВ одна из старейших сотрудниц АМП – Н.А. Ирисова. Таким образом, крупные учёные, хорошо знавшие НГБ, отмечали его нестандартное научное мышление. Неудивительно, что среди видевших и слышавших его, находились люди, которые воспринимали то же самое интуитивно, подсознательно. И таких было немало, поскольку НГБ был в течение 40 лет публичной фигурой, известной не только в научных кругах, но и в обществе. Это, возможно, и есть почва для фанатов, в данном случае, людей знакомых с физикой, чувствующих себя единомышленниками и активно интересующихся его творческой жизнью.



Рис.12. Г.И. Будкер, М.В. Келдыш, ?, Н.Г. Басов –
выбор места для строительства объектов Академгородка.
Новосибирск, конец 50-х – начало 60-х гг.



Рис.13. Преемник Н.Г. Басова на посту
директора ФИАН Л.В. Келдыш проводит Учёный совет,
посвящённый 70-летию Н.Г. Басова.
Слева направо: А.М. Прохоров, Л.В. Келдыш,
Н.Г. Басов, В.А. Исаков. 1992 г.
[Предоставлено Н.Г. Полухиной]

кину, В.М. Каслину, А.И. Львову, Ю.И. Наберухину, Н.Г. Полухиной и И.Е. Проценко, любезно предоставившим публикации, фотографии и сделавшим ряд замечаний. Особую благодарность выражаю В.П. Визгину, после замечаний которого рукопись приобрела окончательный вид.

Литература

1. Николай Геннадиевич Басов / Сост. И.Г. Бебих, Н.Я. Гончарова, Л.М. Жукова; Авт. вступ. ст. Ю.М. Попов, В.Б. Розанов, Ф.С. Файзуллов. 2-е изд., доп. – М.: Наука, 1993. – 266 с. – (Материалы к биобиблиографии ученых. Серия физики / Рос. АН; вып. 37).
2. *Геккер И.Р., Стародуб А.Н., Фридман С.А.* От Физической лаборатории Академии наук в Петрограде до Физического института Академии наук СССР (К истории Физического института имени П.Н. Лебедева АН СССР) / Препринт ФИАН. 1985. № 224.
3. Записки архивариуса / Сост. А.Н. Стародуб. – М.: Издание Архива Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, 1992, т. 1; 1997, т. 2.
4. Николай Геннадиевич Басов. К 95-летию со дня рождения / Под ред. А.А. Ионина, авторы-составители: В.М. Березанская, А.М. Лукичёв, Н.М. Шаульская. – Ярославль: ООО Изд-во РМП, 2017.
5. Как это было... // Воспоминания создателей отечественной лазерной техники, части 1–6 / Ред.-сост. И.Б. Ковш, Лазерная ассоциация. – М.: Рекламно-издательский центр «ТЕХНОСФЕРА», 2006–2018.
6. *Иванова Ю.Д.* Основоположники метрологических направлений. Виктор Михайлович Татаренков // Альманах современной метрологии, 2018. № 3 (15), с. 184.
7. *Басов Н.Г., Вул Б.М., Попов Ю.М.* Квантовомеханические полупроводниковые генераторы и усилители электромагнитных колебаний (письмо в ред.) // ЖЭТФ, 1959. Т. 37, вып 2, с. 587–588.
8. *Басов Н.Г.* О применении лазеров для управляемого термоядерного синтеза, 1962 г., доклад на заседании Президиума АН СССР; 1963 г., доклад на III Международной конференции по квантовой электронике, Париж.
9. *Basov N.G., Balashov E.M., Bogdankevitch O.V., Danilychev V.A., Kashnikov G.N., Lantsov N.P., Khodkevitch D.D.* Luminescence of condensed Xe, Kr, Ar and their mixtures in vacuum region of spectrum under excitation by fast electrons // J. Luminescence, 1970. V. 1, 2. P. 834–841.

IV. ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

Вл.П. Визгин

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

У ИСТОКОВ СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ В ФИЗИКЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

«Теперь мы обрели настоящую уверенность в том, что понимаем основные силы, действующие в природе. Сочетая электрослабую теорию с КХД, мы можем получить точное описание природы, так называемую Стандартную модель. Действительно, до сих пор мы видели в наших моделях лишь упрощенные карикатуры настоящего мира. Сейчас мы впервые можем рассматривать полученную комбинацию как теорию, уже не только как модель».

Г.'т Хоофт [1. С. 27]

«Я вновь встретился с Паули в июне 1953 года, на этот раз в Лейдене. На этой встрече Паули поднял и технический вопрос о моей работе: “Мне бы хотелось задать вопрос, а нельзя ли, подобно калибровочной группе электромагнитного поля, расширить группу преобразований с постоянными фазами таким образом, что мезон-нуклонное взаимодействие будет связано с этой расширенной группой?”. Так я впервые услышал об идее, из которой вырос новый фундаментальный раздел теоретической физики: неабелевы калибровочные теории».

А. Пайс [2. С. 307]

«История того, как все это открылось, больше похожа на комедию ошибок, чем на порядочный индуктивный процесс по Стюарту Миллю... В догадках, которые привели к группе цвета и слабой группе, также все время сочетались элементы угаданной истины и ошибочных представлений, предубежде-

ний. В конце концов, заблуждения приходили в противоречие с фактами и отпадали, а фрагменты истины сливались в согласованную картину».

И.Ю. Кобзарев, Ю.И. Манин [3. С. 26]

«Часто вспоминают слова Эйнштейна о том, что история возникновения нового в науке – это “драма идей”. Но это не в меньшей мере и “драма людей”, часто трагедия. Помнят победивших, вышедших из вызывающего лихорадку тумана на подлинный свет и выведших из него других. Но сколько талантливых и трудолюбивых ошиблось, заблудилось, застряло в болоте, которое засосало так, что о них и памяти не осталось!»

Е.Л. Фейнберг [4. С. 324–325]

Введение

В третьей четверти XX в. в физике произошла научная революция, по своим масштабам и значению соизмеримая с квантово-релятивистской революцией первой четверти этого столетия. Во-первых, были выявлены основные структурные элементы вещества (кварки и лептоны). Во-вторых, были установлены четыре не сводимые друг к другу фундаментальные взаимодействия между ними: давно известные гравитационное и электромагнитное, а также сильное и слабое, впервые проявившие себя в явлениях радиоактивности и затем в физике высоких энергий. Казалось бы, теоретические основы физики элементарных частиц и их взаимодействий, а именно основы квантовой релятивистской теории поля, которые были созданы в конце 1920-х гг., при этом сохранились. Однако огромный эмпирический материал, полученный на ускорителях заряженных частиц и при изучении космических лучей, удалось ввести в квантово-полевую схему только благодаря открытию новых (внутренних) симметрий и их пространственно-временной локализации. Эти симметрии получили название калибровочных, или локальных калибровочных, как и связанные с ними поля электромагнитных, сильных и слабых взаимодействий. Похожую структуру имело и гравитационное взаимодействие, описываемое общей теорией относительности, квантовый аналог которой, однако, не удалось построить, и потому оно до сих пор стоит особняком. Зато три остальных взаимодействия нашли свое место в так называемой стандартной модели

(СМ), состоящей из двух теоретических блоков: 1) квантовой хромодинамики (КХД), современного варианта теории сильных взаимодействий (неабелевой калибровочной теории кварков и глюонов) и 2) единой теории электромагнитного и слабого взаимодействий (также неабелевой калибровочной теории лептонов, фотонов, трех массивных бозонов и скалярных бозонов Хиггса, наделяющих упомянутые лептоны и калибровочные бозоны массой). Добавим, что последнее достигается за счет механизма спонтанного нарушения симметрии, первоначально открытого в физике конденсированных сред, прежде всего в теории сверхпроводимости.

Хронологические рамки создания СМ могут быть четко выделены. Начало было положено работой Ч. Янга и Р. Миллса 1954 г., в которой была сделана попытка описать сильные взаимодействия путем пространственно-временной локализации группы изоспина $SU(2)$. Завершение героического периода фиксируется 1972–1973 гг., когда усилиями Г. 'т Хоофта, Д. Гросса, Ф. Вильчека и Х. Политцера были доказаны перенормируемость электрослабой теории и КХД, а также на основе понятия асимптотической свободы были объяснены особенности взаимодействия кварков и глюонов. Мы видим таким образом, что в основе СМ лежат несколько революционных концепций, а именно: в первую очередь, локальная калибровочная симметрия (или теория неабелевых калибровочных полей Янга–Миллса), далее – спонтанное нарушение симметрии и принцип перенормируемости (впервые развитый в квантовой электродинамике). К ним примыкают понятия кварков, глюонов, асимптотической свободы.

Приведем несколько высказываний самих физиков о значении СМ и лежащих в ее основе идей. Один из главных творцов электрослабой теории А. Салам в своей Нобелевской лекции говорил о *«величии калибровочных идей»* [5. С. 8]. Другой Нобелевский лауреат Ш. Глэшоу, внесший в создание этой теории также большой вклад, говорил, что за 10–15 лет до создания СМ *«наука об элементарных частицах напоминала лоскутное одеяло.<...> Теория, которой мы располагаем теперь, – это цельное произведение искусства. Лоскутное одеяло превратилось в гобелен»* [6. С. 51–52]. Р. Утияма, вслед за Ч. Янгом и Р. Миллсом разработавший общую теорию калибровочных полей, заметил: *«Думаю, что теория кварков и калибровочная теория – это два великих шедевра в физике второй половины XX в.»* [7. С. 208]. Один

из отечественных лидеров физики элементарных частиц Л.Б. Окунь в разделе «Похвальное слово теории Янга–Миллса» своей книги «Кварки и лептоны»(1981) так оценил эту теорию и тем самым СМ: *«Поля Янга–Миллса из теоретического курьеза (каковыми они казались при своем рождении) превратились сегодня в центральный объект теоретического исследования. По существу, все наши надежды на построение теории элементарных частиц связаны с неабелевыми калибровочными полями. Это относится и к единой теории слабых и электромагнитных взаимодействий, и к глюонной теории сильного взаимодействия, и наконец к возможному будущему синтезу этих теорий»* [8. С. 158–159]. По свидетельству П.С. Исаева, дубненский академик А.М. Балдин создание СМ рассматривал как научную революцию, сравнимую по своим масштабам с квантово-релятивистской революцией первой трети XX в. [9. С. 257].

В настоящей работе предполагается исследовать эту калибровочную революцию, прежде всего, ее весьма драматичную начальную стадию. Этот драматизм выявляется в полной мере, если начальную стадию рассмотреть в контексте всей двадцатилетней истории создания СМ и хотя бы в первом приближении представить эту историю как последовательность своего рода поворотных моментов. Замечательной особенностью некоторых из таких моментов было то, что их поворотный характер поначалу был скрыт и стал очевидным и признанным спустя некоторое время. Эта «скрытость» была связана с тем, что некоторые ключевые идеи, прежде всего, концепция калибровочных полей Янга–Миллса, в середине 1950-х–1960-е гг. большинством научного сообщества теоретиков рассматривалась как ошибочная. Другие же подходы, казавшиеся перспективными или даже поворотными, например, S-матричные, дисперсионные и прочие неполные альтернативы теории полей Янга–Миллса, впоследствии оказывались, если не ошибочными, то, во всяком случае, тупиковыми (об этом говорится в третьем эпиграфе). Но и в этом случае нередко оказывалось, что соответствующие ошибки и тупики и связанные с ними методы и способы рассуждений становились эвристичными и полезными на пути к истине. Совершенно в духе «ошибочностной» концепции С.И. Вавилова (*«на ошибках вырастает наука»*) [10].

Особого внимания здесь заслуживает и феномен упущенных возможностей, который, хотя и вносит настоящий дра-

матизм в рассматриваемую историю, вместе с тем свидетельствует о наличии объективной логики развития научного знания (о подобном, человеческом драматизме говорится в четвертом эпитафе).

Наша история начинается в 1953–1954 гг. (см. второй эпитафе). С этого времени мы начинаем и приведенную ниже хронологию событий, которую заканчиваем началом 1970-х гг. Но все-таки следует вначале хотя бы бегло рассмотреть также ситуацию в физике элементарных частиц и соответственно в физике фундаментальных взаимодействий в начале 1950-х гг.

Наконец, несколько слов об используемых источниках. Наиболее обстоятельным историко-научным исследованием, на которое мы опирались, является монография А. Пайса [11], к ней примыкают ценные обзорно-библиографические работы по СМ [12, 13], а также по существу историко-научные очерки с элементами воспоминаний, написанные либо участниками событий, либо теоретиками, близко стоящими к ним [1–9, 14–18]. Сюда же можно отнести Нобелевские лекции главных творцов СМ (А. Салама, С. Вайнберга, Ш. Глэшоу, Г. 'т Хоофта, М. Велтмана, Д. Гросса, Ф. Вильчека, Д. Политцера, Й. Намбу, П. Хиггса, Ф. Энглера и др.), русский перевод которых был опубликован в УФН.

Наиболее важные первоисточниковые работы, точнее их переводы на русский язык (включая признанные ныне классическими статьи Ч. Янга и Р. Миллса, Р. Утиямы, Дж. Сакураи, М. Гелл-Манна, Ю. Неэмана, А. Салама, Ш. Глэшоу, Ю. Швингера и др.) были опубликованы в сборнике «Элементарные частицы и компенсирующие поля», изданном в 1964 г. под редакцией Д.Д. Иваненко [19]. Важным дополнением, особенно в отношении философских аспектов КТП и СМ, стала также книга Т.Ю. Цао [43].

Фундаментальные взаимодействия накануне калибровочной революции

На рубеже 1910–1920-х гг. были превосходные полевые теории двух взаимодействий, к которым, казалось, удастся свести все силы природы. Это – гравитация и электромагнетизм. Были даже весомые надежды на то, что на геометрической основе будет построена единая теория этих полей. К этой программе, выдвинутой Д. Гильбертом, Г. Вейлем и Т. Калуцей, присоединился и А. Эйнштейн, который был ве-

рен ей до самой своей кончины в середине 1950-х гг. [20], когда уже подавляющее большинство физиков было твердо уверено в существовании еще двух фундаментальных взаимодействий, связывающих нуклоны в ядрах и ответственных за бета-распад. Как раз на рубеже 1940-х и 1950-х гг. первые стали называться сильными, а вторые слабыми. Впервые они проявили себя в явлениях радиоактивности, открытом А. Беккерелем и исследованном Э. Резерфордом и др. Альфа-, бета- и гамма-лучи и соответствующие распады символизировали сильное, слабое и электромагнитное взаимодействия, господствующие в микромире [21]. Но тогда, на рубеже XIX и XX вв., о фундаментальности первых двух никто и не думал. Только спустя пару десятилетий, с начала 1920-х и затем в начале 1930-х гг., после открытия Дж. Чедвиком нейтрона (1932) и теории бета-распада Э. Ферми (1933–1934), формируются первые представления об их фундаментальности и соответствующие первые квантовополевые теоретические подходы к их описанию. Если очень кратко, то хронологическая последовательность событий, которые привели к введению слабого и сильного взаимодействий как универсальных фундаментальных сил природы, в дополнение к гравитации и электромагнетизму, была следующая.

1921–1924 – Э. Резерфорд и его ученики Дж. Чедвик и Э. Байлер (E. Bieler), обобщая опыт работ по расщеплению ядер альфа-частицами, пришли к выводу о существовании «особых ядерных сил», действующих лишь на малых расстояниях; тогда же получила развитие высказанная ранее Резерфордом гипотеза о нейтроне.

1933 – После гипотезы В. Паули о существовании нейтрино, введенной им для «спасения» (выражение С.С. Герштейна) закона сохранения энергии при бета-распаде (1930), открытия нейтрона Чедвиком и протонно-нейтронной модели ядра, предложенной В. Гейзенбергом и Д.Д. Иваненко (1932), Э. Ферми создал квантовополевую теорию бета-распада, подобную квантовой электродинамике. Лагранжиан теории содержал 4 фермионных функции (выражаемых через операторы рождения и уничтожения нейтрона, протона, электрона и нейтрино), взятых в одной точке пространства-времени. Теория четырехфермионного взаимодействия Ферми стала первой квантовополевой теорией слабого взаимодействия.

Идея приближенной симметрии сильного взаимодействия, связанная с зарядовой независимостью ядерных сил, действу-

ющих между нуклонами (В. Гейзенберг, 1932) и приведшая к понятию изоспина и изотопической инвариантности.

1934 – И.Е. Тамм и Д.Д. Иваненко (почти одновременно и независимо друг от друга) предположили, что силы, связывающие протон и нейтрон в ядре, могут возникать за счет обмена электроном и антинейтрино, испускаемыми ими точно так же, как в теории бета-распада Ферми. Однако сила взаимодействия между нуклонами оказывалась примерно на 14 порядков меньшей, чем требовалось. И это означало, что должно быть, по крайней мере, два ядерных взаимодействия: более слабое – фермиевское, «распадное», и более сильное – связывающее нуклоны в ядре.

1935 – Х. Юкава заимствовал идею об обменном характере ядерных сил у Тамма и Иваненко, но предположил в качестве обменной частицы таковую с массой порядка 300 электронных масс (соответствующей измеренному радиусу короткодействующих ядерных сил порядка $1,4 \cdot 10^{-13}$ см), получившей название мезона. Разница между «распадным» и межнуклонным ядерным различалась на 12–14 порядков. Так возникли прообразы теорий слабого и сильного взаимодействий.

1936–1938 – После установления Г. Брейтом, Э. Кондоном и Р. Презентом тождественности межпротонных и протон-нейтронных взаимодействий Б. Кассен и Э. Кондон, а также Ю. Вигнер ввели понятие полного изотопического спина, а затем Н. Кеммер распространил изотопическую симметрию на теорию Юкавы, что потребовало введения нейтрального мезона (пиона).

1947–1948 – Комплексный поворотный момент фактически в области каждого из трех фундаментальных взаимодействий:

— в области сильного – открытие пиона, подтвердившее теорию Юкавы, удостоенного в 1949 г. Нобелевской премии);

— в области слабого взаимодействия – на основе экспериментов с мюонами было показано, что их распад протекает в соответствии с константой Ферми и таким образом была подтверждена гипотеза Б. Понтекорво об универсальности слабого взаимодействия (в 1948 и особенно в 1949 гг. эта гипотеза стала общепризнанной);

— в области электромагнитного взаимодействия – после открытия эффекта Лэмба (сдвига уровней атомных электро-

нов в атоме водорода) Г. Бете выдвинул перенормировочную программу выделения из расходящихся выражений частей, имеющих реальный физический смысл; эта программа была реализована разными путями в работах Р. Фейнмана, Ю. Швингера и С. Томонаги, удостоенных впоследствии (в 1965 г.) Нобелевской премии, а также Ф. Дайсона.

1953 – К этому времени с помощью детекторов космических лучей и новых ускорителей заряженных частиц (космотрон в Брукхэйвене на 1 ГэВ был введен в 1952 г., а затем, в 1953 г., – на 3 ГэВ) были открыты К-мезоны и ряд гиперонов. В 1952 г. Э. Ферми открыл и первый адронный резонанс, короткоживущую частицу, распадающуюся на адроны. В 1953 г. М. Гелл-Манн и К. Нишиджима ввели новое квантовое число «странность», ненулевым значением которой обладали новые парно рождающиеся («странные») частицы – гипероны и К-мезоны.

Но построение квантовополевой теории эмпирически разрастающейся физики сильных взаимодействий наталкивалось на существенные затруднения, связанные с неясностью симметрии, лежащей в ее основе, и невозможностью проведения вычислений с помощью теории возмущений из-за того, что безразмерная константа взаимодействия не была достаточно малой. Приведем описание ситуации в физике фундаментальных взаимодействий в начале 1950-х гг. одним из классиков СМ Т. Кибблом: *«После этого триумфа (т.е. создания теории перенормировок в КЭД – В.В.) следующей естественной целью было найти аналогичные успешные теории и для других фундаментальных взаимодействий... Наибольший интерес вызывали сильные взаимодействия, и были подходящие квантовополевые теории, которые широко обсуждались, особенно мезонная теория Юкавы, в которой пи-мезоны, или пионы, играли роль переносчиков взаимодействия. Проблема же там заключалась в том, что было трудно выполнить какие-либо значимые расчеты, т.к. единственно возможная вычислительная методика, теория возмущений, не работает, если “малый” безразмерный параметр, аналогичный постоянной тонкой структуры в квантовой электродинамике, равен по порядку величины 1»* [22. С. 2–3]. Поэтому среди теоретиков стало формироваться убеждение в том, что в физике сильных взаимодействий, скорее всего, придется отказаться от полевой концепции в пользу того или иного варианта нелокальной теории, либо

теории S-матрицы и связанной с ней теории дисперсионных соотношений и затем теории полюсов Редже, либо введения элементарной длины (одним из таких вариантов можно считать единую нелинейную спинорную теорию поля В. Гейзенберга).

«Тем не менее, – продолжал Киббл, – оставались места, такие как “Империял Колледж” в Лондоне (где в это время работал А. Салам – В.В.), где развеивался флаг теории поля, другим местом был Гарвард... Трудности теории сильных взаимодействий привели некоторых людей к мысли о том, что слабые взаимодействия могли бы быть более перспективным начальным объектом» [Там же. С. 3].

**Два поворотных события 1954 г.:
открытие калибровочных полей Янга–Миллса
и проблема нуль-заряда в КЭД. 1-е приближение**

Аннотация статьи Ч. Янга и Р. Миллса «Сохранение изотопического спина и изотопическая калибровочная инвариантность», опубликованная в начале 1954 г. в «Physical Review», в сжатой форме передает существо этой поворотной работы. *«Мы отмечаем, – говорится в ней, – что обычный принцип инвариантности относительно вращений изотопического спина не совместим с концепцией локализованных полей. В связи с этим исследуется возможность инвариантности относительно локальных вращений изотопического спина. Это приводит к формулировке принципа изотопической калибровочной инвариантности и существованию некоторого поля \mathbf{b} , которое находится в такой же связи с изотопическим спином, как электромагнитное поле связано с электрическим зарядом. Поле \mathbf{b} удовлетворяет нелинейным дифференциальным уравнениям. Квантами поля \mathbf{b} являются частицы со спином 1 и электрическим зарядом плюс минус e или 0» [23. С. 28].*

Отметим здесь следующие моменты. Во-первых, речь идет о сильных взаимодействиях и присущей им внутренней симметрии, именно неабелевой, т. е. некоммутативной, симметрии изоспина. Во-вторых, вместо глобальной изотопической симметрии, которая, в соответствии с теоремой Нётер, приводит к закону сохранения изоспина, осуществляется переход к локализованной симметрии. Этот переход обосновывается тем, что локализация внутренней симметрии, означающая возможность независимых вращений в изотопическом

пространстве в каждой точке пространства-времени, в большей степени согласуется с концепцией локализованного поля. Иначе говоря, полевая концепция не ослабляется, а, наоборот, только усиливается. Именно такой способ расширения глобальной симметрии по аналогии с электродинамикой получил название калибровочной симметрии. И, соответственно, в-третьих, Янг и Миллс опирались на аналогичный способ расширения глобальной калибровочной симметрии волновых функций и дираковского лагранжиана, ведущей к закону сохранения электрического заряда, до ее локального варианта, приводящего к введению электромагнитного поля. «Изотопическое» калибровочное поле \mathbf{b} тоже оказывалось векторным, но удовлетворяющим нелинейным дифференциальным полевым уравнениям, в отличие от линейных уравнений Максвелла для электромагнитного поля, ассоциируемого с локализацией абелевой калибровочной симметрии.

Такой способ построения теории сильных взаимодействий выглядел теоретически обоснованным и перспективным как в отношении ее перенормируемости (она была устроена наподобие КЭД), так и в отношении учета физически обоснованных внутренних симметрий, лежащих в ее основе (прежде всего, изотопической симметрии, связанной с идеей зарядовой независимости). При этом такое построение было совершенно в духе квантовой теории поля. И хотя Янг и Миллс реализовали локально-калибровочную программу для одной конкретной внутренней симметрии и только для сильного взаимодействия, ее обоснование и техника применениягодились и для других непрерывных внутренних групп симметрии, в том числе и для таких симметрий, которые связаны со слабыми взаимодействиями. Кстати говоря, общая теория локально-калибровочных полей спустя два года была опубликована Р. Утиямой [24]. О драматически упущенной им возможности связать свое имя с локально-калибровочными полями, которые теперь именуются полями Янга–Миллса, (а могли бы называться или полями Утиямы, или, по крайней мере, полями Янга–Миллса–Утиямы), мы расскажем позже, тем более, что такую возможность упустил не только японский теоретик, но и еще несколько исследователей, и среди них такая фигура, как сам В. Паули.

Несмотря на глубину и элегантность концепции Янга–Миллса, она не привлекла заметного внимания теоретиков, занимавшихся физикой элементарных частиц. Только через

5–7 лет появились первые попытки ее применения, которые поначалу также выходили за рамки мейнстрима. И лишь в конце 1960-х – начале 1970-х гг. она получает полное признание как теоретическая основа стандартной модели в физике элементарных частиц и, соответственно, физике фундаментальных взаимодействий. Предварительный ответ на вопрос о причинах этой весьма значительной задержки утверждения программы Янга–Миллса и ее признания научным сообществом таков. Главная причина коренилась в том, кванты калибровочного поля \mathbf{b} , казалось, должны были иметь нулевую массу, подобно квантам электромагнитного поля, а пи-мезоны, переносчики сильного взаимодействия, обладали ненулевой массой. *«Эта возникшая проблема с нулевой массой, – писал впоследствии один из участников событий А. Пайс, – заставила забыть об этой теории почти на 20 лет, когда задача, наконец, была решена. И с того момента поля Янга–Миллса стали играть решающую роль при описании как слабых, так и сильных взаимодействий»* [2. С. 309]. Правда, с «забвением этой теории» дело обстояло несколько сложнее. Все-таки, первый всплеск интереса к ней относится к 1959–1961 гг., когда появились важные работы А. Салама и Дж. Уорда, Дж. Сакураи, М. Гелл-Манна, Ш. Глэшоу, Ю. Неэмана, Дж. Швингера и др. по калибровочному подходу к сильным и слабым взаимодействиям [19]. Был и второй всплеск – это 1964–1967 гг.: в это время была развита концепция кварков и заложены основы электрослабой теории Ш. Глэшоу – С. Вайнберга – А. Салама на базе идеи спонтанного нарушения симметрии. Точки над «и», в известном смысле, были поставлены в 1971–1973 гг. (на этот раз действительно почти через 20 лет после статьи Янга и Миллса, а, точнее, через 17–19 лет) в работах Г.'т Хоофта, Д. Гросса, Ф. Вильчека и Х.Д. Политцера, в которых была доказана перенормируемость КХД и электрослабой теории, а также введены понятия асимптотической свободы и конфайнмента, объяснившие физическую сущность калибровочной теории кварков и глюонов.

Была и вторая причина, задержавшая всеобщее признание теории полей Янга–Миллса. Это – серьезное падение престижа квантовополевой концепции в физике фундаментальных взаимодействий, особенно в физике сильных взаимодействий, в начале 1950-х гг. Об этом говорилось, например, в воспоминаниях Т. Киббла (цитированных нами на

с. 257 настоящей статьи). А ведь в теории полей Янга–Миллса локально-полевой подход был даже усилен, по сравнению с общепринятой квантовой теорией поля. Но как раз в 1954 г. появились дополнительные серьезные аргументы против применения квантово-полевой концепции в физике фундаментальных взаимодействий вообще, даже в квантовой электродинамике. Речь идет о вызвавшей тогда значительный резонанс проблеме «нуль-заряда» в КЭД, новом парадоксе этой теории, обнаруженном в Москве Л.Д. Ландау (вместе с А.А. Абрикосовым и И.М. Халатниковым), присоединившимся к ним И.Я. Померанчуком, а также независимо Е.С. Фрадкиным, т. е. крупнейшими и авторитетными советскими теоретиками, лидерами или представителями трех выдающихся школ теоретической физики – Л.Д. Ландау, И.Я. Померанчука и И.Е. Тамма. Поэтому проблема «нуль-заряда» была известна также как проблема «московского нуля». Впрочем, похожие результаты были получены также в США М. Гелл-Манном и Ф. Лоу, хотя и не были сформулированы в столь же резкой форме, как Ландау и Померанчуком. Суть парадокса заключалась в том, что поляризация квантовополевого вакуума на весьма малых расстояниях от точечного электрона приводила к полной экранировке его заряда, в результате чего наблюдаемый заряд реального электрона оказывался равным нулю.

Вот несколько выводов, к которым пришли Ландау и Померанчук, которые поясняет и цитирует В.Б. Берестецкий. Он приводит цитату из статьи Ландау и Померанчука 1955 г.: *«Мы приходим к фундаментальному выводу, что из формальной квантовой электродинамики, по-видимому, следует равенство нулю заряда электрона. Оговорка “по-видимому” относится к некоторой нестрогости изложенной выше аргументации»* [15. С. 240]. Смысл вывода лидеров советских теоретиков Берестецкий пояснял так: *«Этот результат существенно меняет наше представление о содержании уравнений квантовой электродинамики. Если прежде ситуация выглядела так: есть формальные уравнения и известно их решение в виде ряда теории возмущений, каждый член которого, кроме первого, содержит бесконечности. Теперь есть решение, полученное путем предельного перехода от заряда конечного размера к точечному, но это решение дает нулевой заряд, т. е. отсутствие всякого взаимодействия, отсутствие всех процессов. Такая теория не бес-*

смысленна, но неудовлетворительна физически» [Там же]. Распространяя эти рассуждения на сильные взаимодействия, Померанчук пришел к радикальному выводу: «... Теория поля в существующей форме непригодна для описания сильных взаимодействий» [Там же. С. 241]. «“В итоге”, – продолжал Берестецкий, – у большинства ведущих теоретиков...<...> складывалось ощущение тупика в попытках получить из теории поля вне рамок теории возмущений конкретные физические результаты. Это ощущение разделял, например, Фейнман...<...> Свою точку зрения он выразил в письме к Ландау, относящемуся приблизительно к 1955 году, в котором он характеризует попытки создания теории сильных взаимодействий как детски примитивное подражание квантовой электродинамике (с простой заменой векторного взаимодействия псевдоскалярным) и высказывает мнение, что природа “не настолько глупа”, чтобы не придумать что-либо более хитрое» [Там же. С.243]. Так «московский нуль» внес солидную лепту в снижение престижа квантовой теории поля, в ее возможности для описания сильных взаимодействий и, соответственно, в невнимание или даже негативное отношение к теории полей Янга–Миллса.

Поэтому во второй половине 1950-х и в 1960-е гг. получили распространение подходы, альтернативные теоретико-полевому. Краткие их обзоры можно найти в цитированной статье В.Б. Берестецкого, а также во вступительной статье Д.Д. Иваненко к сборнику первых классических работ по калибровочным полям [25]. Главной альтернативой была теория матрицы рассеяния, или S-матрицы, выдвинутая еще в 1943 г. В. Гейзенбергом как альтернатива теории поля в ее лагранжевой форме. В ней основными элементами теории были не поля, а более близкие к непосредственно измеряемым величинам амплитуды – элементы матрицы рассеяния. С ней были связаны аксиоматический подход, опирающийся на принципы унитарности, микропричинности и релятивистской инвариантности; метод дисперсионных соотношений, нацеленный на изучение аналитических свойств амплитуд различных процессов; метод комплексных моментов, или теория полюсов Редже, и концепция «бутстрапа», в которой чуть ли не любые адроны можно было взять за исходные частицы, а требования унитарности и аналитичности должны затем привести ко всему спектру адронов. Другие альтерна-

тивы относились к нелинейным и (или) нелокальным вариантам теории поля, в которых так или иначе вводилась та или иная фундаментальная или элементарная длина. После создания СМ на основе теории калибровочных полей почти все теоретики переключились на нее, а феноменологические S-матричные альтернативы в большинстве своем, как заметил Г.'т Хоофт, «безвозвратно исчезли» [1. С. 13].

Поворотный характер работы Янга и Миллса 1954 г. в истории создания СМ теперь (и, конечно, уже с начала 1970-х гг.) очевиден. Но эта поворотность в течение примерно полутора десятилетий оставалась скрытой. С другой стороны разочарование в квантово-полевым подходе к фундаментальным взаимодействиям, в первую очередь сильным, связанное с проблемой «нуль-заряда» и позицией, которую разделяли в середине 1950-х гг. и позже Л.Д. Ландау и И.Я. Померанчук, но также, по-видимому, Р. Фейнман, В. Гейзенберг, Дж. Чу, Т. Редже, М. Гелл-Манн, М.Л. Гольдбергер, В. Тирринг и др., также было поворотным моментом и притом явным. Однако можно сказать, что это был поворот с правильного пути. Чтобы разобраться в этих, скрытых и явных, поворотных событиях начальной стадии развития идей, которые привели к СМ, мы должны хотя бы бегло, в форме краткой хронологии рассмотреть и последующие вехи на этом пути.

Краткая хронология истории создания стандартной модели (1954–1973)

Основными источниками при составлении этой хронологии, помимо монографии А. Пайса [11], были также следующие обзоры и материалы [12, 13, 16, 19, 25]. В ней выделяется серия поворотных событий, часто сдвоенных, а иногда несколько «размытых» на два-три года. Ряд достижений, фигурирующих здесь, были отмечены Нобелевскими премиями. Кроме того, не стремясь к полноте, мы старались упомянуть и о не слишком значительном, но все-таки заметном советском вкладе.

Наиболее важные поворотные моменты в рассматриваемой истории отнесены к следующим датам: 1954 (или 1954–1955), 1961 (или 1960–1961), 1964, 1967, 1971, 1973 гг.

1954 – Ч. Янг и Р. Миллс – калибровочная теория сильных взаимодействий на основе локализации группы изоспина (теория полей Янга–Миллса для сильного взаимодейст-

вия). В 1953 г. аналогичную теорию разработал В. Паули, но он отказался от ее публикации. В 1954 же году к такой же теории пришли независимо аспирант А. Салама Р. Шоу (в своей неопубликованной диссертации) и японский теоретик Р. Утияма. В 1956 г. он опубликовал общую теорию калибровочных полей, частным случаем которой была теория Янга–Миллса. Но именно за общей теорией калибровочных полей закрепилось название теории Янга–Миллса. В 1960–1970-е гг. она легла в основу СМ, но вначале прошла почти не замеченной.

1954–1955 – Л.Д. Ландау (с А.А. Абрикосовым и И.М. Халатниковым), И.Я. Померанчук и Е.С. Фрадкин в СССР и М. Гелл-Манн и Ф. Лоу в США – обнаружение внутренней противоречивости КЭД (и, тем более, противоречивости квантовопольевых теорий сильного и слабого взаимодействия), связанной с проблемой «нуль-заряда» из-за экранировки заряда за счет эффекта поляризации вакуума. Известна также как проблема «московского нуля». Решение этой проблемы было предложено Н.Н. Боголюбовым и Д.В. Ширковым на основе более строгих расчетов с помощью метода ренорм-группы.

1955–1960-е – S-матричная идеология, дисперсионные соотношения, аксиоматический подход, теория полюсов Редже, бутстрап, нелокальный и нелинейный подходы как казавшиеся более перспективными альтернативы теоретико-полевому подходу. Советский вклад в разработку этих направлений был весьма существенным (работы школ Н.Н. Боголюбова, Л.Д. Ландау, И.Я. Померанчука, И.Е. Тамма). С начала 1970-х гг., после создания СМ, все эти направления почти утратили свою актуальность, а *«центральным объектом теоретического исследования»* в физике элементарных частиц, по словам Л.Б. Окуня, стала теория неабелевых калибровочных полей (т.е. теория полей Янга–Миллса).

1956–1958 – Ч. Янг и Т. Ли – открытие несохранения пространственной четности в слабых взаимодействиях (Нобелевская премия 1957 г.) и ее подтверждение в опытах Ц. Ву. Янг и Ли, а также независимо Салам и Ландау предложили закон сохранения комбинированной четности в слабых взаимодействиях (т.е. сочетания пространственной инверсии с зарядовым сопряжением). Ими же была разработана теория двухкомпонентного (т.е. спирального) нейтрино. Ученики И.Я. Померанчука Б.Л. Иоффе, Л.Б. Окунь и

А.П. Рудик независимо от Янга и Ли отметили нарушение и зарядовой симметрии в слабых взаимодействиях. Опираясь на эти открытия Р. Фейнман и М. Гелл-Манн (и Дж. Сакураи, а также Р. Маршак и Э. Сударшан) разработали (V–A)-теорию слабого взаимодействия, в которой определяющую роль играет суперпозиция векторного (V) и аксиального (A) токов (1958). Первыми на возможность сохранения слабого векторного тока указали советские теоретики Я.Б. Зельдович и С.С. Герштейн (1955). (V–A)-теория внесла свой вклад в подготовку калибровочной концепции слабых взаимодействий.

1960–1961 – М. Гелл-Манн и Ю. Неэман, опиравшиеся на теорию Янга и Миллса и ее развитие Дж. Сакураи, открыли SU(3)-симметрию сильных взаимодействий и на основе ее локализации построили первый вариант неабелевой калибровочной теории сильных взаимодействий.

Первые идеи о важности нарушенных симметрий в теории элементарных частиц, прежде всего спонтанного нарушения симметрии (Й. Намбу, отчасти вместе с Дж. Иной-Ласинио, Дж. Голдстоун, А.И. Ларкин и В.Г. Вакс), заимствованные из физики конденсированных сред, прежде всего теории сверхпроводимости (теории Гинзбурга – Ландау, теории БКШ, т.е. теории Бардина – Купера – Шриффера, метода квазисредних Н.Н. Боголюбова в квантовой статистике).

Первые идеи об электрослабой локально-калибровочной теории (Ш. Глэшоу, А. Салам и Дж. Уорд).

1964 – 1965 – М. Гелл-Манн; Дж. Цвейг – концепция кварков. Первые формулировки КХД. Введение нового квантового числа кварков – «цвета» (Й. Намбу и М. Хан, а также независимо Н.Н. Боголюбов, Б.В. Струминский и А.Н. Тавхелидзе).

П. Хиггс; Ф. Энглер и Р. Броут, а также Дж. Гуральник, Т. Киббл и Р. Хаген – спонтанное нарушение симметрии как механизм возникновения массы калибровочных бозонов (механизм Хиггса). В 2013 г. П. Хиггс и Ф. Энглер были удостоены Нобелевской премии.

1967 – Ш. Глэшоу, С. Вайнберг и А. Салам – завершение теории электрослабых взаимодействий со спонтанно нарушенной симметрией $U(1) \times SU(2)$ (Нобелевская премия 1979 г.).

Л.Д. Фаддеев и В.Н. Попов и Б.Де Витт – последовательная схема квантования безмассовых полей Янга–Миллса.

1969 – В экспериментах по глубоко-неупругому рассеянию электронов нуклонами, выполненных в Стенфорде (США) показано, что внутри нуклонов содержатся точечные составляющие. Р. Фейнман назвал их партонами; несколько позже они были интерпретированы как кварки и глюоны.

1971 – М. Велтман, Г.т Хоофт – доказательство перенормируемости безмассовых полей Янга–Миллса и массивных янг–миллсовских полей со спонтанно нарушенной симметрией (Нобелевская премия 1999 г.). При этом были использованы методы квантования калибровочных полей, развитые Л.Д. Фаддеевым и В.Н. Поповым, а также Б.Де Виттом.

1973 – Д. Гросс, Ф. Вильчек Х.Д. Политцер – завершение основ янг–миллсовской теории кварков и глюонов, т.е. квантовой хромодинамики (КХД), на базе группы $SU(3)$ и понятий «асимптотической свободы» и «конфайнмента» (Нобелевская премия 2004 г.). Они использовали «антиэкранировочный» вариант рассуждений, связанных с проблемой «нуль-заряда» Л.Д.Ландау и др.

Х. Джорджи и Ш. Глэшоу – единая теория трех фундаментальных взаимодействий, фигурирующих в СМ, локально-калибровочного обобщения группы $SU(5)$, ведущая к предсказанию распада протона с временем жизни порядка 10^{10} в степени, превышающей 30, лет (публикация 1974 г.).

Несколько предварительных выводов из рассмотрения этой хронологии, относящихся к начальной стадии истории создания СМ. Во-первых, всего через 5–7 лет после публикации статьи Янга и Миллса теория калибровочных полей привлекла внимание ряда крупных и даже некоторых выдающихся теоретиков (а не через 20 лет!). Так что «*флаг теории поля*», несмотря на определенное падение ее престижа, еще развевался в некоторых физических центрах (например, в лондонском «Имперском колледже», в Гарварде). При этом теория полей Янга–Миллса сыграла ключевую эвристическую роль как в открытии правильной симметрии сильных взаимодействий, так и в первых попытках построения единой теории электромагнитных и слабых взаимодействий, а также в создании модели кварков. Впрочем, в начале 1960-х гг. все эти построения еще носили гипотетический характер. Во-вторых, открытие несохранения четности в слабых взаимодействиях и последующая их (V-A)-теория также повлияли на калибровочный подход к теории слабых взаимодействий. В-третьих, благодаря трансляции идеи

спонтанного нарушения симметрии из теории сверхпроводимости и квантовой статистики в физику элементарных частиц, удалось наделить калибровочные бозоны массой и, тем самым, создать реальные предпосылки для построения электрослабой теории. Однако «перенормировочные» аргументы против формирующихся теорий сильного и электрослабого взаимодействий оставались в силе, многим казалось, что построение последовательной квантовой теории калибровочных полей натолкнется на непреодолимые затруднения. Поэтому, несмотря на создание во второй половине 1960-х гг. весьма элегантной единой теории электромагнитного и слабого взаимодействий (теории Глэшоу – Вайнберга – Салама, 1967) и основ теории кварков и глюонов, они продолжали рассматриваться как далекие от реальности гипотезы, проекты. В-четвертых, важным достижением на пути к признанию правильности калибровочного подхода стали работы Л.Д. Фаддеева и В.Н. Попова и независимо Б.Де Витта по квантовой теории калибровочных полей (1967), используя которые М. Велтман и его аспирант Г.'т Хоофт доказали перенормируемость теории безмассовых неабелевых калибровочных полей и массивных неабелевых калибровочных полей со спонтанно нарушенной симметрией (1971). Этот выдающийся результат, касающийся теории кварков и глюонов, был решающим образом подкреплён работами Д. Гросса, Ф. Вильчека и Х.Д. Политцера 1973 г., в которых были введены и физически осмыслены понятия «асимптотической свободы» и «конфайнмента».

Вот с этого момента престиж теории поля в физике частиц был полностью восстановлен. Несколько парадоксальным образом «экранировочные» рассуждения Л.Д. Ландау и др., касающиеся проблемы «нуль-заряда» и приведшие к подрыву теоретико-полевого подхода, сыграли на этот раз, в «антиэкранировочном» варианте, позитивную эвристическую роль в обосновании «асимптотической свободы» неабелевых калибровочных теорий. Таким образом, в свете почти двадцатилетней истории развития идей, последовавшей за работой Янга и Миллса 1954 г., выявляется ее поворотный характер, который был скрыт до поры до времени. Но стал он явным не вдруг, это было не мгновенное возвращение полевой калибровочной идеологии в первоначально теории фундаментальных взаимодействий. Потребовалась длительная упорная работа некоторых энтузиастов, многие из

которых впоследствии были удостоены Нобелевских премий (помимо, Ч. Янга, Т. Ли, Р. Фейнмана и М. Гелл-Манна, это Ш. Глэшоу, А. Салам, С. Вайнберг, Й. Намбу, П. Хиггс, Ф. Энглерт, М. Велтман, Г. Хофт, Д. Гросс, Ф. Вильчек, Х.Д. Политцер и др.).

Теперь вернемся к началу, а именно к тому, каким образом Янг и Миллс создали калибровочную теорию и как она была тогда, в середине 1950-х гг., была воспринята. После этого мы более подробно рассмотрим и возникновение парадокса «нуль-заряда», внесшего заметную лепту в падение престижа теории поля, и, в частности, теории калибровочных полей, особенно в СССР.

Открытие и восприятие теории калибровочных полей Янга–Миллса. Феномен «упущенных возможностей»

Знаменитая статья Ч. Янга и Р. Миллса, открывшая в физике фундаментальных взаимодействий эпоху теории неабелевых калибровочных полей – основы стандартной модели, – это попытка создания теории сильного взаимодействия по образу и подобию квантовой электродинамики. В ней место калибровочной симметрии, ведущей в соответствии с теоремой Нётер к закону сохранения электрического заряда, занимает известная с 1930-х гг. изотопическая симметрия (группа вращений в так называемом изотопическом пространстве), приводящая к закону сохранения изотопического спина. Авторы напоминают, что понятие изоспина было введено В. Гейзенбергом сразу после открытия нейтрона и протонно-нейтронной модели атомного ядра. В основе этого понятия лежало понятие независимости ядерных взаимодействий от электрического заряда ядерных частиц, что позволяло рассматривать протон и нейтрон как два разных состояния одной частицы – нуклона. В развитии и обосновании концепции Гейзенберга приняли участие Г. Брейт, Э. Кондон с сотрудниками, а также Ю. Вигнер, на работы которых 1930-х гг. ссылаются авторы. Это замечательное симметрическое свойство уже тогда было сформулировано как некая внутренняя симметрия, а именно инвариантность взаимодействий относительно вращений в некотором внутреннем (абстрактном) трехмерном пространстве, которое было названо изотопическим. Соответствующая группа симметрии была изоморфна унитарной группе $SU(2)$, а закон сохранения, связанный с этой симметрией, согласно теореме Нётер, получил название закона сохранения изоспина.

Следующий шаг – это локализация изотопической симметрии. Вот как, совершенно в релятивистском, эйнштейновском духе, формулируют авторы этот переход: «Как только сделан выбор, что называть протоном, а что нейтроном в одной точке пространства-времени, свобода выбора в других пространственно-временных точках пропадает. Как нам представляется, такое положение не совместимо с концепцией локализованного поля, лежащей в основе обычных физических теорий. В настоящей работе исследуется возможность ввести требование, чтобы все взаимодействия были инвариантными относительно **независимых** (выделение Янга и Миллса – В.В.) вращений изотопического спина во всех точках пространства-времени, так что относительная ориентация изотопического спина в двух точках пространства-времени теряет смысл (если пренебречь электромагнитным полем)» [23. С. 29].

Далее авторы поясняют «локальную изоспиновую относительность» известной из электродинамики «локальной калибровочной инвариантностью»: «... Весьма сходная ситуация имеет место в отношении обычной калибровочной инвариантности заряженного поля, которое описывается комплексной волновой функцией ψ . Изменение калибровки... означает изменение фазового множителя... ($e^{i\alpha}$), т.е. изменение, не приводящее к каким-либо физическим следствиям. Так как функция ψ может зависеть от x, y, z, t , то относительный фазовый множитель функции ψ в двух различных пространственно-временных точках совершенно произволен. Иными словами, произвол в выборе фазового множителя имеет локальный характер» [Там же]. При этом авторы ссылаются на хорошо известный обзор В. Паули 1941 г., в котором описаны глобальные и локальные калибровочные преобразования [26].

История введения калибровочных преобразований в физику исторически была связана с геометрической единой теорией гравитации и электромагнетизма, выдвинутой в 1918 г. Г. Вейлем; калибровочные преобразования волновых функций в квантовой теории были впервые описаны В.А. Фоком (1926), а интерпретация электромагнитного взаимодействия как локального калибровочного полевого феномена была развита также Г. Вейлем в конце 1920-х гг. (см. об этом [20, 27]).

«Совершенно аналогичным образом, — продолжают Янг и Миллс, — мы вводим в случае изотопического калибровочного преобразования некоторое поле B , чтобы компенсировать зависимость S (т.е. вращения изотопического спина — $V.V.$) от $x, y, z, t...$ Уравнения поля, которым удовлетворяют 12 независимых компонент поля B (последние мы будем называть \mathbf{b} -полем), и взаимодействия этих компонент с любым полем, имеющим изотопический спин, по существу определяются требованием калибровочной инвариантности аналогично тому, как это происходит в случае свободного электромагнитного поля и его взаимодействия с заряженными полями» [Там же]. Также по аналогии с электродинамикой определяется тензор напряженностей

$$F_{\mu\nu} = \frac{\partial B_\mu}{\partial x_\nu} - \frac{\partial B_\nu}{\partial x_\mu} + i\epsilon(B_\mu B_\nu - B_\nu B_\mu),$$

а также полный лагранжиан сильного взаимодействия

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4} \mathbf{f}_{\mu\nu} \cdot \mathbf{f}_{\mu\nu} - \bar{\psi} \gamma_\mu (\partial_\mu - i\epsilon \boldsymbol{\tau} \cdot \mathbf{b}_\mu) \psi - m \bar{\psi} \psi,$$

из которого следуют соответствующие нелинейные дифференциальные уравнения поля.

Переходя к квантованию b -поля, авторы приходят к выводу о том, что кванты этого векторного поля являются частицами со спином 1 и изоспином 1, имеющими 3 зарядовых состояния с электрическими зарядами +1, -1 и 0. Оставался неясным вопрос о массе b -квантов. Как и в КЭД, в которой калибровочные частицы, а именно фотоны, имеют нулевую массу, безмассовыми, как будто, должны были быть и b -кванты, хотя строгое доказательство этого вывода отсутствовало. Авторы не обсуждают вопрос об их связи с пи-мезонами теории Юкавы, обладающими массой. Именно этот вопрос о массе калибровочных бозонов оказался критичным для признания или непризнания этой теории надежной и перспективной основой для построения теорий сильного и слабого взаимодействия.

Впоследствии Ч. Янг вспоминал о том, как он впервые (до публикации) докладывал эту работу в конце февраля 1954 г. в Принстоне на семинаре Р. Оппенгеймера: «... Вскоре после того начался семинар, Паули (присутствовавший там — $V.V.$) спросил: “Какова масса этого поля?”. Я сказал, что мы не знаем. Я продолжил представление своей рабо-

ты, но вскоре Паули вновь задал тот же вопрос. Я ответил что-то вроде того, что это слишком сложная задача и что мы над ней работаем, но еще не пришли к определенному выводу. Я до сих пор помню его ответ на это: “Это не является достаточно уважительной причиной”. Я был неприятно поражен, так сильно, что после минутных колебаний решил сесть. Было общее смущение. Наконец Оппенгеймер сказал: “Нам следует позволить Франку (так попросту американцы называли недавно приехавшего в США китайца Янг Чженьнина, или Ч. Янга – В.В.) продолжить”.» (цитир. по [2. С. 308–309]).

Далее вспоминает А. Пайс: «Я тоже присутствовал на семинаре... и хорошо помню критическую и негативную реакцию Паули. Он был не единственным, кто реагировал подобным образом. Действительно, теория Янга–Миллса была поначалу встречена, мягко говоря, со скептицизмом. Причина была в том, что кванты нового поля имели, казалось, нулевую массу, о чем писал мне в декабре 1953 года Паули (выделение А. Пайса – В.В.)» [Там же.].

Здесь уместно, опираясь на тексты Пайса, поговорить о том, насколько в это время (в 1953 г., до Янга и Миллса) был близок великий В. Паули к локально-калибровочной концепции. О том, что локально-калибровочная структура КЭД, была ему хорошо известна, говорит его обзорная статья 1941 г., на которую ссылались и Янг с Миллсом. Но он думал об ее распространении и на ядерные взаимодействия. На одной из конференций в Лейдене в июне 1953 г., на которой обсуждались проблемы физики элементарных частиц и на которой присутствовали также Гейзенберг и Пайс, Паули после доклада Пайса о расширении группы изоспина задал замечательный вопрос: «... А нельзя ли, подобно калибровочной группе электромагнитного поля, расширить группу преобразований с постоянными фазами таким образом, что мезон-нуклонное взаимодействие будет связано с этой расширенной группой?». «Так я впервые услышал, – продолжил Пайс, – об идее, из которой вырос новый фундаментальный раздел теоретической физики: неабелевы калибровочные теории» [2. С. 307]. Паули продолжал изучать предложенную им возможность. В июле 1953 г. он прислал Пайсу набросок по существу теории Янга–Миллса, в котором было правильное выражение для напряженностей неабелевых калибровочных полей, но отсутствовали соответствующую

щие уравнения поля. Но «в конце 1953 года, – по свидетельству Пайса, – его энтузиазм по этому поводу стал угасать. “Когда пытаешься сформулировать уравнения поля..., – писал Паули Пайсу в письме от 6 декабря 1953 г., – всегда получаешь векторные мезоны с нулевой массой покоя” (выделение Паули – В.В.)...» [Там же. С. 308]. Таким образом, уже в 1953 г. Паули знал о возможности описания ядерных взаимодействий с помощью локально-калибровочного расширения их внутренней симметрии, но, видимо, из-за проблемы с массой калибровочных векторных мезонов не верил в ее реалистичность. Пайс же считал, что Паули не хватило научной смелости: «Если бы в 1953 г. у него была смелость опубликовать свою работу (по неабелевым калибровочным полям – В.В.), его бы запомнили в связи с самым важным послевоенным вкладом в физику, как одного из основателей современной калибровочной теории...» [Там же. С. 309]. Кстати говоря, из того, что рассказал Пайс об этой упущенной возможности Паули, следует, что и он сам также упустил эту же возможность. Ведь он изучал расширения изотопической симметрии, т.е. группы $SU(2)$, и об этом говорил в своем докладе в июне 1953 г. в Лейдене. И ведь именно о его подходе тогда сказал Паули: «Мне очень импонирует общий принцип привести эмпирические законы сохранения и инвариантные свойства к связи с математическими группами преобразований законов природы». Несколько позже в письме Пайсу он пояснял, что говоря об этом «общем принципе» он, в частности, имел в виду переход от глобальной внутренней симметрии к ее локальному расширению, подобно тому, как это имеет место в электродинамике [Там же. С. 307].

Добавим, что в конце 1940-х – начале 1950-х из корифеев к калибровочной концепции были близки также Ю. Швингер и Ю. Вигнер [28, 29] (см. также [20]). Один из первых продолжателей янг–миллсовского направления Дж. Сакураи приписывал Швингеру общую идею о том, что «внутренние свойства должны проявлять себя динамически», иначе говоря, «внутренняя симметрия – ergo динамика» [30. С. 52]. Так что, к упустившим «янг–миллсовскую» концепцию, с некоторыми оговорками, можно отнести и Швингера, и Вигнера.

Были еще две бесспорных фигуры, сделавшие в 1954 г. фактически то же самое, что Янг и Миллс, но вовремя не опубликовавшие свои результаты. Речь идет о замечатель-

ном японском теоретике Р. Утияме и аспиранте Салама Р. Шоу (R. Shaw). Остановимся на этих сюжетах более подробно, ввиду их весьма драматического характера.

Почти через 30 лет после описываемых событий Р. Утияма выпустил блестящую научно-популярную книгу «К чему пришла физика. От теории относительности к теории калибровочных полей» (1983). В русском переводе И.И. Иванчика с предисловием В.Л. Гинзбурга она вышла в 1986 г. [7]. Последние три главы посвящены теории калибровочных полей. Последняя же, 10-я, глава «Горькие сожаления» носит автобиографический характер: в ней как раз и описана еще одна упущенная возможность, связанная с полями Янга–Миллса. Дадим слово автору: *«В конце января 1954 г. я получил приглашение в Принстонский институт высших исследований и в сентябре того же года отбыл в США. Заграничная жизнь была для меня в новинку, поэтому я намеревался совершить путешествие по США с осмотром достопримечательностей, хотя в этом стыдно признаться, планировал в основном развлекаться, а не работать. Но как вернуться на родину, не написав в Штатах ни одной статьи? Ведь это было бы позором для японца. Чтобы избежать столь постыдного финала, я решил, что поступлю умно, если еще до отъезда заготовлю одну-две работы. Конкретно я имел в виду свой замысел теории обобщенных калибровочных полей»* [7. С. 201–202]. Далее Утияма описывает свой путь к этой теории. Будучи неудовлетворенным ситуацией в исследованиях взаимодействий элементарных частиц (включая теорию Юкавы), он пытался найти такой *«сильный руководящий принцип, при помощи которого удалось бы вывести форму взаимодействий элементарных частиц так же, как это делается в случае гравитационного поля с веществом и электромагнитного поля с электрически заряженными частицами»*. *«В то время я постоянно думал об этом, – продолжает он, – и к моменту, когда решился вопрос о моей поездке в США, мне уже была ясна в общих чертах суть моей теории. Оставалось только записать с использованием конкретных математических формул... (основные идеи – В.В.). Эта работа прошла очень гладко. Думаю, каждый испытывал в жизни нечто подобное: уравнения, которые ты должен вывести, как бы сами собой раскрываются именно в той форме, в какой было задумано; дело идет как по маслу, каждый день трудишься в радостном возбуждении. В*

таком вдохновенном состоянии я пребывал месяца два (замечательное описание психологического состояния теоретика, реализующего свой замысел – В.В.)».

Но, закончив эту работу, Утияма не подумал о публикации, а ограничился тем, что в мае или июне 1954 г. доложил ее на «*маленьком семинаре, устроенном в Институте фундаментальной физики Токийского университета*». Именно эту работу он и заготовил для того, чтобы было чем отчитаться о своей стажировке в США. Кстати говоря, заслуживает внимания реакция на это сообщение: «*Вспоминаю резкую отповедь, с которой выступил в конце заседания один мой знакомый физик (ныне горячий поклонник калибровочной теории): “Мы знаем, что в случае электромагнитного поля сначала были найдены уравнения поля и только потом, после их тщательного изучения, пришли к выводу, что они инвариантны относительно калибровочного преобразования. Утияма же, наоборот, берет в качестве исходного пункта калибровочную инвариантность и из нее выводит уравнения поля. Такой подход антиисторичен и потому ошибочен”*» [Там же. С. 202–203].

Далее он рассказывает о том, как, приехав в начале сентября 1954 г. в Принстон, он узнал от своего бывшего учителя в Осакском университете, ныне работавшего по приглашению в Принстоне, физика Кубаяси о недавней публикации Ч. Янга и Р. Миллса. Познакомившись с ней, он сразу понял: «*То, что было в ней написано, почти совпадало с содержанием моей статьи*». И далее: «*Для меня это было как гром с ясного неба*». Затем Утияма объясняет, почему он думал, что едва ли кто-нибудь еще займется теорией калибровочных полей. Важным стимулом для него были не только проблемы теории элементарных частиц, но и опыт Эйнштейна по созданию общей теории относительности и единым теориям поля. Но «*лучшие ученые-физики того времени, в частности начинающие молодые таланты, – как казалось ему, – отворачивались от этих предметов, как от старомодных. Такова была всемирная тенденция, ни Япония, ни США не были исключением. Поэтому я полагал, что разработкой теории, подобной моей, стимулами для создания которой были столь различные области физики, вряд ли во всем мире займется кто-либо, кроме меня самого. Лелея в душе подобные мысли, я был совершенно спокоен и думал: приеду в Америку, переведу статью на английский, поти-*

хоньку напечатаю в научном журнале и нечего беспокоиться, что меня кто-нибудь перегонит».

«И вот в таком-то высокомерном состоянии, – продолжал наш герой, – я внезапно получил столь сокрушительный удар, что мое изумление и упадок духа трудно выразить словами или описать пером. Совершенно подавленный, я не стал даже просматривать еще раз ни статью Янга (точнее, Янга и Миллса – В.В.), ни свою привезенную из Японии рукопись, а оставил все как есть». Вернувшись через полгода и к статье Янга и Миллса, и к своей рукописи, Утияма вдруг понял, *«какого он сваял дурака»: «Ведь между моей статьей и статьей Янга (и Миллса – В.В.) была большая разница. В моей статье... содержалась общая теория калибровочных полей. А в статье Янга сообщалось об открытии одного некоммутативного калибровочного поля частного вида»* [7. С.205–206]. Кроме того, он применил калибровочный подход к гравитационному взаимодействию. Поэтому он решил опубликовать свою работу, которая вышла в 1956 г. в «Physical Review» и которая ныне признана так же, как и работа Янга и Миллса 1954 г., относящейся к «калибровочной классике» [24].

Эмоциональный рассказ Утиямы заканчивается поистине *«горьким сожалением»*: *«В настоящее время термин “поля Янга–Миллса”, которым увековечены имена этих авторов, употребляется в качестве синонима для обобщенных калибровочных полей. Для меня, совершенно независимо создавшего теорию таких полей, этот факт крайне огорчителен. Но я сам во всем виноват, упрекать мне некого. Я должен был сразу после завершения статьи в конце марта 1954 г. опубликовать ее в японском научном журнале, но не сделал этого; так что причина моего теперешнего злополучия – слишком высокое мнение о своей рукописи, которым было переполнено в то время все мое существо»* [7. С. 206].

Теперь о Р. Шоу, также упустившем возможность своевременно опубликовать свои результаты по локальной калибровочной изотопической симметрии. К сожалению, сам Шоу не оставил, подобно Утияме, красочных *«горьких сожалений»* по этому поводу. Но об этом факте упоминалось и в статье его научного руководителя А. Салама (вместе с Дж. Уордом, 1959 г.), и в статье Ш. Глэшоу и М. Гелл-Манна 1961 г. (эти статьи были в русском переводе опубликованы в сборнике «Элементарные частицы и компенсирующие поля»

под редакцией Д.Д. Иваненко; соответствующие ссылки на неопубликованную диссертацию Шоу – см. [19. С.187; 149]). Несколько более подробно об этом впоследствии написал соавтор Ч. Янга Р. Миллс. Имея в виду их совместную статью, он напомнил: *«Примерно в то же самое время (также в 1954 г.) Роналд Шоу, аспирант А. Салама в Кембриджском университете в Англии, также глубоко вник в идею возможного обобщения калибровочной инвариантности, находясь под влиянием лекционных записок Швингера. Неопубликованная докторская диссертация Шоу (1954) “Проблема типов частиц и другие аспекты теории элементарных частиц” включает раздел “Инвариантность относительно общих изоспиновых преобразований”, который является близким и независимым изложением нашей с Янгом статьи 1954 г. и содержит те же основные уравнения неабелевой калибровочной теории»* [17. Р. 495–496]. То, что калибровочная теория сильного взаимодействия, по существу совпавшая с теорией полей Янга–Миллса, была разработана учеником Салама, не удивительно, поскольку в Имперском колледже Лондона и в Кембридже, где было значительным влияние Салама, как образно выразился другой его ученик, Т. Киббл, по-прежнему *«развевался флаг теории поля»*, несмотря на почти повсеместное падение ее престижа.

О чем говорит описанный феномен упущенных возможностей в отношении локально-калибровочной концепции фундаментальных взаимодействий? Несколько противоречивым образом он фиксирует две, можно сказать, противоположные особенности начального этапа истории создания СМ. С одной стороны, несмотря на логическую убедительность и даже красоту эта концепция выглядела эмпирически далекой от реальности, особенно из-за проблемы с массой калибровочных векторных мезонов. Поэтому такие маститые теоретики, как Паули, Швингер и др., зная об этой концепции, не стали публиковать свои результаты. С другой стороны, более молодых теоретиков *«эмпирический аргумент»* против нее смущал меньше; они готовы были пойти на определенный риск и высказать уверенность в перспективности калибровочной концепции, которая, таким образом, *«теоретически назрела или созрела»*. На шаг впереди оказались Янг и Миллс. Впрочем, впоследствии (в 1990 г.) Янг, отвечая на вопрос о том, понимал ли он огромную важность своей с Миллсом работы 1954 г., ответил: *«Нет. В 1950-х го-*

дах мы признавали красоту своей работы. Ее важность я осознал в 1960-х, а ее огромное значение для физики – в 1970-х годах» (цитир. по [2. С. 227]). Немного запоздавшие (по разным причинам) Утияма и Шоу и их работы, особенно Утиямы, остались в истории СМ, но имена первых (Янга и Миллса) оказались увековеченными в истории физики: «поля Янга–Миллса», «теория Янга–Миллса», «уравнения Янга–Миллса» звучат подобно «уравнениям Максвелла», «уравнениям Дирака» и т. д. И еще. Эти упущенные возможности и «горькие сожаления» по этому поводу, как явные (в случае Утиямы), так и скрытые (как в случае с Р. Шоу), говорят о накале человеческих страстей на пути исследователей к истине, о драматичности этого пути.

Вернемся, в заключение этого раздела, к началу, т. е. к некоторым аспектам статьи Янга и Миллса. Прежде всего, к некоторым замечаниям соавтора Янга, которые он высказал в своей отчасти мемуарной статье 1989 г. [17].

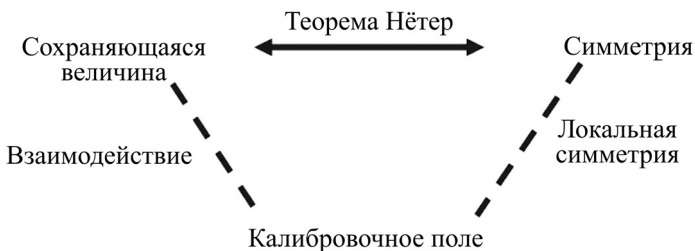
Во-первых, по его свидетельству, Янг уже в Китае, до приезда в 1945 г. в США, «находился под впечатлением взаимосвязи между законом сохранения электрического заряда и калибровочной инвариантностью, в особенности того факта, что вся структура электродинамики однозначно определяется калибровочной инвариантностью... <...> Приехав в США, ... он стал пытаться обобщить калибровочную инвариантность и применить ее к другим законам сохранения, прежде всего к закону сохранения изоспина» [17. Р. 495].

Во-вторых, он рассказывает о своем подключении и вкладе в общую работу. О том, как в конце 1953 г. Янг появился в Брукхейвене, где начал работу «гэвный» ускоритель заряженных частиц космотрон и где начинал свою деятельность Миллс. «... Он рассказал мне об идее обобщения калибровочной инвариантности. Имея некоторый запас знаний в области квантовой электродинамики, я мог внести определенный вклад в разработку этой идеи, особенно в отношении проблемы процедур квантования и развитие формализма; однако ключевые идеи принадлежали Янгу» [Там же.].

Далее, он подчеркивает, что вопросы о перенормируемости теории и о массе квантов калибровочного поля остались за рамками их теории и оставались нерешенными еще на протяжении 10–15 лет.

В-третьих, историческую часть Миллс дополнил, так сказать, логико-философским разделом «Калибровочная философия: локальная симметрия».

Эта «философия» заключена, так сказать, в усиленном, двойном континуализме теории, а именно в постулате: *«Каждая непрерывная симметрия природы является локальной симметрией»*. Этот постулат поясняется на примерах гравитации (ОТО) и электродинамики. И затем формулируется целая исследовательская программа: *«Тот факт, что существуют хорошо известные примеры локальной симметрии (порождающей гравитационное и электромагнитное поля – В.В.), является весомым аргументом в пользу предположения, что локальная симметрия является общим принципом и что мы должны исследовать другие наблюдаемые симметрии природы и те следствия, к которым они приводят»* [Там же. С. 496]. Далее Миллс приводит наглядную «логическую модель калибровочной теории», изображенную на рисунке, который мы здесь попытаемся воспроизвести.



Конечно, эта «философия» и эта «логическая модель» были в свое время продуманы и согласованы с Янгом, который впоследствии (в конце 1970-х гг.) всю эту концепцию связывал с именем Эйнштейна (как и Утияма): *«Мы можем утверждать, что именно Эйнштейн ввел в обращение принцип: взаимодействия диктуются симметрией <...> Эйнштейн глубоко осознавал необходимость в геометрических структурах, приводящих к нелинейным уравнениям <...> Оказалось, что структурой, которую искал Эйнштейн, является калибровочное поле»* [31. С. 169–175].

Тогда же весьма удачную релятивистскую, в духе Эйнштейна, формулировку принципа локальной калибровочной симметрии использовал советский теоретик А.А. Славнов,

разъясняя смысл калибровочной теории. Вот несколько пространственный фрагмент из статьи Славнова «Калибровочные поля», содержащейся в энциклопедии «Физика микромира» (1980). Описав локально-калибровочный механизм порождения электромагнитного поля, он заметил: *«Здесь видна явная аналогия с так называемым слабым принципом эквивалентности теории тяготения Эйнштейна, согласно которому локальное изменение системы координат эквивалентно появлению дополнительного гравитационного поля. Эта аналогия позволяет сформулировать принцип относительности в “зарядовом пространстве” ... Калибровочная инвариантность требует введения электромагнитного поля и однозначно фиксирует вид его взаимодействия со всеми заряженными полями. Принцип относительности в зарядовом пространстве однозначно фиксирует также вид уравнений движения для самого электромагнитного поля (уравнения Максвелла)... Аналогично вводятся калибровочные поля, отвечающие более сложным внутренним пространствам. В частности, изотопическую симметрию сильных взаимодействий можно интерпретировать как инвариантность относительно вращений в трехмерном “изотопическом пространстве” <...> Как и в случае зарядового фазового преобразования, естественно предположить, что направления изотопического спина можно фиксировать независимо в различных точках пространства-времени... Чтобы обеспечить такую инвариантность, необходимо ввести изовекторное калибровочное поле, являющееся аналогом электромагнитного поля»* [32. С. 193–194]. Близкая формулировка приведена также в монографии А.А. Славнова и Л.Д. Фаддеева «Введение в квантовую теорию калибровочных полей» [33. С. 13–16]. Там же содержится геометрическая интерпретация полей Янга–Миллса на языке теории расслоенных пространств, в которую заметный вклад был внесен также Н.П. Коноплевой в соавторстве с В.Н. Поповым [34].

Мы уже говорили о главной трудности на пути признания и реального применения концепции Янга–Миллса. Калибровочные частицы, подобно фотонам в КЭД, должны были оставаться безмассовыми. Но это плохо согласовывалось с тем, что и пи-мезоны, и только что открытые К-мезоны, которые рассматривались как кандидаты на частицы-переносчики сильного взаимодействия, обладали массой. Но

была еще одна трудность. Это назревающий кризис квантово-полевой концепции в физике элементарных частиц в целом. Казалось, перенормировочная программа, реализованная в конце 1940-х гг. в КЭД, создавала надежду на сохранение полевой концепции в ядерных (сильном и слабом) взаимодействиях. Однако, мы помним, что как раз в 1954–1955 гг. полевой концепции был нанесен новый удар: было показано, что даже в КЭД возникает проблема «нуль-заряда», т.е. проблема исчезновения взаимодействия, которая еще более остро встает в короткодействующих ядерных взаимодействиях. Это резко усилило кризис теории поля, особенно в СССР, поскольку проблема «нуль-заряда» была выдвинута и принята всерьез такими лидерами советской теоретической физики, как Л.Д. Ландау и И.Я. Померанчук, и в определенном смысле поддержана теоретиками школ И.Е. Тамма и Н.Н. Боголюбова. В итоге калибровочная концепция, которая была, как уже говорилось, даже «*вдвойне полевой*», выглядела неким анахронизмом, что еще больше затрудняло ее принятие и применение.

Проблема «нуль-заряда», неполевые альтернативы в физике элементарных частиц и «калибровочный возврат» к полевой концепции

В том же году, когда появилась работа Янга и Миллса, Л.Д. Ландау (с А.А. Абрикосовым и И.М. Халатниковым) начали публиковать серию работ по проблеме «нуль-заряда» в КЭД. Она продлилась и в 1955 г., отчасти совместно с И.Я. Померанчуком [35. С. 76–79, 82–84]. Вычисляя реально измеряемый (эффективный) заряд электрона, они, как и независимо ученик И.Е. Тамма Е.С. Фрадкин, а также М. Гелл-Манн и Ф. Лоу в США, показали, что он фактически обращается в нуль [35. С. 247]. В статье Ландау и Померанчука [35. Соч. 83, С. 249] это объясняется поляризацией вакуума и делается радикальный вывод об исчезновении электромагнитного взаимодействия и несостоятельности КЭД: *«Мы приходим к фундаментальному выводу, что из формальной квантовой электродинамики, вероятно, следует равенство нулю заряда электрона... . Полученный нами результат указывает на логическую незамкнутость квантовой электродинамики. Следует подчеркнуть, что указываемая здесь несостоятельность теории вызвана непосредственно не бесконечностями (как считалось последние*

двадцать пять лет), а обращением физического взаимодействия в нуль» [Там же]. Авторы полагали, что этот вывод можно распространить и на другие (ядерные) взаимодействия: «Если, однако, обращение e в нуль есть отражение общих свойств всякого точечного взаимодействия, то современная мезонная теория окажется полностью несостоятельной... Исправление существующих теорий в том случае, если из теории следует, что g (постоянная ядерного взаимодействия – В.В.), наряду с e , также равна нулю, потребовало бы введения совершенно новых физических представлений. Такие представления должны были бы дать возможность отразить в теории свойства протяженных элементарных частиц. Это означает, что в физику была бы введена новая универсальная длина, которая автоматически ограничивала бы импульс обрезания сверху» [Там же. С. 250–251].

В 1976 г. В.Б. Берестецкий, ученик Л.Д. Ландау и И.Я. Померанчука и автор (вместе с А.И. Ахиезером) фундаментальной монографии «Квантовая электродинамика», (1953) опубликовал в УФН блестящий аналитический обзор «Нуль-заряд и асимптотическая свобода» [15]. Он написан всего через пару лет после завершения основ стандартной модели и, в частности, «нобелевских» работ Гросса, Вильчека и Политцера об асимптотической свободе. Кроме того, он отличается ясностью, физичностью и ценными историческими замечаниями. Вот как в нем рассматривается линия Ландау–Померанчука по проблеме «нуль-заряда». При всей не любви Ландау к «обосновательским» темам, он считал необходимым заняться основаниями КЭД. «На самом деле, – писал Берестецкий, – Ландау не мог работать вне атмосферы идейной ясности... Он действительно не любил дискуссий на темы об обосновании наук, но лишь тех, основы которых считал для себя ясными, таких например, как квантовая механика или статистическая физика. Совершенно иначе он вел себя в отношении тех областей, в которых ясности нет» [15. С. 234–235]. Это касалось, в первую очередь, КЭД и квантовополевой теории элементарных частиц в целом. Далее он поясняет суть и физический смысл подхода Ландау, который и был реализован в серии из четырех статей Ландау, написанных совместно с Абрикосовым и Халатниковым [35. С. 76–79, 82–84, 86]. Этот подход заключался в том, чтобы, учитывая, что расходимости в КЭД связаны с малыми расстояниям (и тем самым, точечностью зарядов),

сначала найти решение для зарядов конечных размеров a , а затем уже посмотреть, что будет при a , стремящимся к нулю [15. С. 235]. Затем этот подход иллюстрируется на примере кулоновского взаимодействия между двумя зарядами в диэлектрической среде.

Похожая ситуация имеет место и в КЭД, только роль диэлектрической среды играет квантовополевой вакуум. Физический смысл аннулирования заряда интерпретируется следующим образом: *«Заряд, помещенный в поляризующуюся среду, уменьшается за счет поляризации. Эта поляризация на малых расстояниях так сильна, что независимо от величины заряда на некотором расстоянии уже остаточный заряд не зависит от первоначального. В пределе точечного первичного заряда (даже бесконечного) от него ничего не остается на любом конечном расстоянии. Этот результат существенно меняет наше представление об уравнениях квантовой электродинамики. Если прежде ситуация выглядела так: есть формальные уравнения и известно их решение в виде ряда теории возмущений, каждый член которого, кроме первого, содержит бесконечности. Теперь есть решение, полученное путем предельного перехода от заряда конечного радиуса к точечному, но это решение дает нулевой заряд, т. е. отсутствие всякого взаимодействия, отсутствие всех процессов. Такая теория не бессмысленна, но неудовлетворительна физически»* [Там же. С. 240–241].

Аналогичные рассуждения привели Померанчука к выводу, что *«теория поля в существующей форме непригодна для описания сильных взаимодействий»* [Там же]. Несмотря на то, что эти радикальные выводы на первых порах вызвали определенные сомнения и даже возражения, *«у большинства ведущих теоретиков независимо складывалось ощущение тупика в попытках получить из теории поля вне рамок теории возмущений конкретные физические результаты. <...> Это ощущение, – продолжал Берестецкий, – разделял, например, Фейнман,...* (выразивший – В.В.) *свою точку зрения... в письме к Ландау, относящемся к 1955 г., в котором он характеризует попытки создания теории сильных взаимодействий как детски примитивное подражание квантовой электродинамике (с простой заменой векторного взаимодействия псевдоскалярным) и высказывает мнение, что “природа не настолько глупа”, чтобы не придумать что-либо более хитрое... <...> Это ощущение привело*

к тому, что развитие теории сильных взаимодействий в последующее десятилетие существенно отклонилось от теории поля» [Там же. С. 243]. И в этом отклонении, в этом повороте проблема нуль-заряда сыграла, конечно, ключевую роль. К тому же лидеров советской теоретической физики так или иначе поддерживали и многие ведущие теоретики Запада, такие как Р. Фейнман, М. Гелл-Манн, А. Вайтман, Р. Хааг, а также классики квантовой теории Паули и Гейзенберг.

Остановимся более подробно на программном докладе В. Гейзенберга, сделанном им в сентябре 1955 г. «Современное состояние теории элементарных частиц» [36]. Он также говорит о тяжелой кризисной ситуации в КЭД и вообще квантовополевой теории элементарных частиц, ссылаясь именно на «нулификацию» фундаментальных взаимодействий: «... Более серьезные возражения против неограниченного применения ренормируемых (квантополевых – В.В.) теорий появились в последние годы... ». И дальше следует рассуждение совершенно в духе «московских нулификаторов», завершающееся выводом, «что всякому исходному заряду конечной величины соответствует истинный заряд, равный нулю; другими словами, никакого электромагнитного взаимодействия не существует» [36. С. 420]. Вывод, который из этого парадокса сделал Гейзенберг, гласил: «Процесс ренормирования в общем явно недостаточен, чтобы сделать из квантовой теории поля с ее известными расходимостями математически приемлемую теорию. В квантовую теорию волновых полей следует внести принципиальные изменения, чтобы она могла служить надежной основой теории элементарных частиц» [Там же]. «Принципиальные изменения», предложенные Гейзенбергом, заключались в разработанной им единой нелинейной теории поля, точнее, теории трех взаимодействий – электромагнитного, слабого и сильного, или единой нелинейной теории материи. Доклад заканчивался констатацией назревшего отказа от локальной теоретико-полевой концепции: «Такое расширение (которое предлагалось им – В.В.), быть может, откроет возможность, сохранив унитарность S -матрицы, отказаться от локального описания волновой функции, что в принципе достаточно для истолкования экспериментальных данных» [Там же, С. 424].

Прошло пять лет, и в 1960 г. Л.Д. Ландау написал статью для сборника «Теоретическая физика в XX веке»,

посвященного памяти В. Паули. Короткая концептуальная статья «О фундаментальных проблемах» [37] (с не характерными для автора расплывчатым названием и полным отсутствием формул) содержала анализ состояния теории частиц и прогноз ее развития на основе выводов о «нулификации» полевых взаимодействий, сделанных ранее. Вот несколько высказываний из этой программной статьи.

Во-первых, *«можно сказать, что в настоящее время “нулификация” теории молчаливо признается и теоретиками, формально ее оспаривающими»*. Это, по мнению Ландау, ведет к пессимизму, примером которого является утверждение Ф. Дайсона о том, что правильную теорию сильных взаимодействий удастся создать только через сто лет.

Во-вторых, *«обращение в нуль точечного взаимодействия в современной теории приводит к мысли о необходимости рассмотрения “размазанных” нелокальных взаимодействий», что ведет «к полному перечеркиванию всего аппарата современной теории»* [Там же. С. 422].

И, в-третьих, упомянув о нелинейной теории Гейзенберга как об одном из вариантов перестройки квантовой теории поля (в перспективности которого он, как и Паули, сомневался), Ландау кратко сформулировал свое видение новой теории: *«Операторы ψ , содержащие ненаблюдаемую информацию, должны исчезнуть из теории; и поскольку гамильтониан (и лагранжиан – В.В.) можно построить только из операторов ψ , мы с необходимостью приходим к выводу, что гамильтонов метод для сильных взаимодействий изжил себя и должен быть похоронен, конечно, со всеми почестями, которые он заслужил»* [Там же]. И дальше набрасывается программа построения новой теории, основанная на S -матричном подходе и дисперсионных соотношениях.

Итак, реалистическую альтернативу теоретико-полевой концепции, как об этом уже говорилось в работах и Ландау, и Гейзенберга и др., теоретики увидели в теории S -матрицы Гейзенберга: *«Основываясь на идеях, высказанных в 1943 г. Гейзенбергом, стали рассматривать в качестве основных элементов теории не поля, а более близкие к непосредственно измеряемым величинам амплитуды – элементы матрицы рассеяния. Матрица рассеяния удовлетворяет условию унитарности (которое выражает две основные черты квантово-механического описания: вероятностную интерпретацию амплитуд и принцип суперпозиции состояний)...*

Соотношения унитарности указывают на особенности амплитуд, рассматриваемых как функции комплексных переменных... » [15. С. 243–244]. Предметом исследования при этом становятся аналитические свойства амплитуд, позволяющие получить соотношения, являющиеся аналогом системы полевых уравнений. Признанию перспективности S -матричного подхода способствовало также резкое увеличение числа сильновзаимодействующих частиц (их, по предложению Л.Б. Окуня, стали называть адронами), которое привело к идее относительности понятия элементарности (концепции «ядерной демократии» и «бутстрапа»). Согласно этим идеям, взяв за исходные практически любые адроны с подходящими квантовыми числами, в дальнейшем на основе требований аналитичности и унитарности, можно будет получить весь спектр адронов.

По словам Берестецкого, который был участником этих событий, «*вершиной этого направления явился метод комплексных моментов (полюсов Редже), разработанный в применении к теории сильных взаимодействий в 1961–1962 гг. Энтузиасты, например Дж. Чу, считали, что теория сильных взаимодействий совсем близка к завершению*» [Там же. С. 244].

Изучение этих альтернативных теории поля направлений, опирающихся на S -матричную идеологию, не входит в нашу задачу.

Д.Д. Иваненко в своем обзоре этих альтернатив выделял аксиоматическое направление, метод дисперсионных соотношений и теорию полюсов Редже. О работах одного из лидеров последнего направления, Дж. Чу, Иваненко говорил, что «они написаны в боевом духе и содержат резкие (по-видимому, преувеличенные) замечания относительно будто бы полной устарелости лагранжева формализма». И дальше: «Претензии крайних представителей дисперсионизма и “реджистики” на построение полной теории элементарных частиц, несомненно, преувеличены... » [19. С. 16].

Д. Гросс в своей Нобелевской лекции вспоминал о положении дел в физике элементарных частиц в начале 1960-х гг.: «На начало 1960-х годов, когда я поступил в аспирантуру в Беркли, пришелся период величия эксперимента и бессилия теории... Теория поля была в опале; теория S -матрицы была в самом расцвете... <...> В США причиной отказа от применения теории поля к сильным взаимодей-

ствиям стала невозможность вычислений. Американские физики – закоренелые прагматики. Квантовая теория поля не могла быть практическим инструментом для объяснения вихря экспериментальных открытий... <...> В СССР теория поля подвергалась даже более сильным нападкам, правда, по несколько другим причинам. Ландау с соавторами в конце 1950-х годов (точнее, в середине – В.В.) ... исследовали связь между физическим электрическим зарядом и затравочным электрическим зарядом, наблюдаемым на бесконечно малых расстояниях. Тот факт, что электрический заряд в КЭД зависит от расстояния, на котором мы его измеряем, является следствием “поляризации вакуума” ... <...> Ландау с коллегами заключили, что этот эффект так силен, что физический заряд, измеряемый на любом конечном расстоянии, должен исчезать для любого значения вакуумного заряда... . Это – знаменитая проблема нулевого заряда, поразительный результат... <...> В Советском Союзе это было расценено как непреодолимая причина ошибочности теории поля и ее полной непригодности в случае сильного взаимодействия... <...> Под влиянием Ландау и Померанчука поколению физиков было запрещено работать над теорией поля» [38. С. 727–731]. Конечно, это явное преувеличение, никаких запретов заниматься теорией поля не было. Но авторитет теоретических школ Ландау и Померанчука в СССР (и во всем мире) был настолько велик, что резко отрицательное отношение к теории поля в этих школах, получившее распространение и в других теоретических школах (И.Е. Тамма и Н.Н. Боголюбова), сильно влияло на выбор исследовательской тематики нового поколения советских теоретиков. Вот несколько свидетельств. Из «Воспоминаний» А.Д. Сахарова: «В 1955 г. независимо Фрадкин, Ландау и Померанчук нашли, что последовательное вычисление радиационных поправок приводит (в КЭД – В.В.) к чудовищному следствию – к полному исчезновению электромагнитного взаимодействия (знаменитый “Московский нуль”). В тот год (за месяц до Нового года прошло успешное испытание первого двухступенчатого термоядерного заряда, оформленного в виде авиационной бомбы мощностью 1,7 Мт – В.В.) я встретил Ландау на новогоднем банкете в Кремле. С очень озабоченным, даже удрученным видом он сказал: “Мы все оказались в тупике, что делать – совершенно непонятно”. К этому времени относятся слова Лан-

дау: “Лагранжиан мертв...”. Ландау, однако, ошибался. Лагранжиан не был мертв. Многие годы трудность “Московского нуля” рассматривалась как указание на необходимость отказа в физике высоких энергий от квантовой теории поля, делались попытки найти другие пути построения теории элементарных частиц, оказавшиеся неэффективными» [39. С. 124–125]. На эти неэффективные пути вступали под влиянием лидеров советских теоретиков многие молодые физики. Интересное свидетельство из воспоминаний Б.Л. Иоффе. Когда в 1961 г. появилась важная работа Дж. Голдстоуна о том, что спонтанное нарушение симметрии приводит к появлению безмассовых частиц, отношение к ней в ИТЭФе было двойственным: «Все соглашались с тем, что работа интересная, но никто не хотел развивать эти идеи дальше». «Может быть, – продолжает Иоффе, – причина была в том, что почти все в ИТЭФ (и, особенно, Померанчук) были увлечены тогда реджевской теорией. Я.Б. (Зельдович – В.В.) в обсуждениях неоднократно подчеркивал глубину и перспективность идей Голдстоуна и призывал нас развивать их. Но, увы, его усилия были здесь безуспешны – мы продолжали заниматься своим делом» [18. С. 159]. В другом месте Иоффе рассказывает о том, с каким трудом Померанчук после напряженной десятилетней работы в S -матричном и реджевском направлении «возвращался к методам квантовой теории поля, т.е. к лагранжиану» [18. С. 154].

Приведем два фрагмента из воспоминаний Д.В. Ширкова, ученика и соавтора Н.Н. Боголюбова, о своем учителе и взаимоотношениях между ним и Ландау, особенно в связи с проблемой «нуль-заряда»: «Заключение Л.Д. Ландау было пессимистическим: забудьте о локальной квантовой теории поля и лагранжиане. Именно такой тезис защищал в запомнившемся разговоре со мной соавтор Дау по нуль-заряду И.Я. Померанчук. Во имя этого он даже закрыл свой семинар в ИТЭФе по квантовой теории поля, порекомендовав молодым коллегам сменить область теоретической физики» [40. С. 160]. В дополнение к этому Ширков заметил: «Анализ этой проблемы (т.е. проблемы «нуль-заряда» – В.В.), проведенный Н.Н. (Боголюбовым – В.В.) с помощью только что развитого им аппарата ренорм-группы, привел к выводу, что заключение Ландау и Померанчука о внутренней противоречивости локальной квантовой теории

поля не имеет статуса строгого результата, не зависимо-го от теории возмущений». И дальше: «Как известно, спустя 10–15 лет локальная лагранжева теория поля полностью вернула себе статус основного метода в теории частиц. Однако категоричность заключения знаменитого теоретика существенно затормозила развитие теории и привела к развитию некоторых тупиковых направлений типа теории “бутстрапа”» [40. С. 164]. В результате большинство советских теоретиков (в ИТЭФе и ИФП – почти все) работали на этих тупиковых путях. Одним из немногих исключений были исследования ленинградского математика Л.Д. Фаддеева, который в 1967 г. вместе с В.Н. Поповым опубликовал важную работу по квантованию калибровочных полей, повлиявшую на последующие работы М. Велтмана и Г.т Хоофта по доказательству перенормируемости калибровочных теорий сильного и электрослабого взаимодействий, которые были удостоены Нобелевской премии. В «Автобиографии» Фаддеев писал впоследствии: «В то время квантовая теория поля была практически запрещена в СССР из-за (чисто научной) цензуры. К счастью, живя в Ленинграде, я был вне влияния Москвы (точнее, Ландау и Померанчука – В.В.) и был свободен делать то, что хотел... <...> Я решил заняться проблемой квантования полей Янга–Миллса. Осенью 1966 г. в сотрудничестве с ярким молодым коллегой Виктором Поповым я пришел к правильной формулировке этой теории в терминах функционального интеграла» [41. С. 6]. Здесь, на наш взгляд, явный перебор в отношении запрещения в СССР квантовой теории поля, так же как в приведенных выше словах Д. Гросса (см. с. 285 настоящей статьи). Но, тем не менее, замечание существенное: математик, да еще ленинградский, не испытывал такого сильного влияния корифеев советской теорфизики, которая была сосредоточена в Москве и ее окрестностях.

Оценивая поворотные моменты 1954 г. в истории создания СМ, мы бегло проследили эту полную драматизма историю. Но здесь нередко «драмы идей» сопровождалась и «драмами людей», что особенно отчетливо подчеркнул в своей блестящей статье «Как важно иногда быть консервативным» Е.Л. Фейнберг (опубликованной в «Природе» в 1988 г.) [4]. «Вся эта драматическая история, – заключал Е.Л. Фейнберг, – показывает, как может быть ошибочна “всеобщая” точка зрения, как может быть она губительна

и для науки, и для принявших ее ученых. Перебирая в памяти события полутора десятилетий (с 1954–1960 до 1967–1973 гг. – В.В.), можно вспомнить множество имен, прогремевших, а ныне забытых. Те же, очень немногие, кто устоял против поветрия, естественно вступили в новую эпоху грандиозных успехов теории», а именно, взявшей реванш квантовой теории поля в форме теории неабелевых калибровочных полей, полей Янга–Миллса [4. С. 338]. Но не стоит забывать и о «прогремевших, а ныне забытых». Фейнберг с упоминания о драмах и даже трагедиях этих исследователей начинает свою статью: «Часто вспоминают слова Эйнштейна о том, что история возникновения нового в науке – это «драма идей». Но не в меньшей степени это и «драма людей», часто трагедия. Помнят победивших, вышедших из вызывающего лихорадку тумана на подлинный свет и выведших на него других. Но сколько талантливых и трудолюбивых ошиблось, завязло в болоте, которое засосало так, что о них и памяти не осталось! (выделено мной – В.В.)» [Там же. С. 324–325].

Но и здесь не все так однозначно, и здесь нас поджидает новый поворот. Казалось бы, поля Янга–Миллса – это благо, здесь путь к истине, а отказ от полевого подхода, основанный на «нулификации» взаимодействия, – это заблуждение, ошибка, ведущая к драмам и трагедиям. Но, оказывается, Д. Гросс, Ф. Вильчек и Х.Д. Политцер сумели объяснить загадки КХД на основе понятия «асимптотической свободы», которое они ввели, используя в случае неабелевых калибровочных полей антиэкранировочный вариант рассуждений Ландау и других открывателей проблемы «нуль-заряда». Более того, оказалось, что «нулификаторы» вообще были близки к открытию этого замечательного понятия. «Почему проблема нулевого заряда, – вопрошал в своей Нобелевской лекции Д. Гросс, – не вдохновила («нулификаторов» – В.В.) на поиски асимптотически свободных теорий, лишенных этого недостатка?» [38. С. 731]. Упомянутые изобретатели понятия «асимптотическая свобода» «поставили, – как заметил В.Б. Берестецкий, – для полей Янга–Миллса задачу, аналогичную задаче, решенной в квантовой электродинамике Ландау, Абрикосовым и Халатниковым и Гелл-Манном и Лоу, задачу об эффективном заряде как функции радиуса $g(r)$ » [15. С. 249]. Таким образом они пришли к выводу о том, что конечному эффективному заряду соответствует ну-

левой точечный заряд. Этот результат, как будто, похожий на аналогичное соотношение в КЭД, в действительности прямо противоположен ему. *«Не заряд на конечном расстоянии обращается в нуль при любом значении первоначального точечного заряда, а нулевой точечный заряд отвечает конечному заряду на конечном расстоянии»* – подчеркивает Берестецкий. И, что особенно важно, *«этот результат невозможно получить, если, руководствуясь формально уравнениями поля, рассматривать только точечные заряды. Надо действовать путем предельного перехода, как было предложено Ландау»* [15. С. 249–250]. Это свойство получило название асимптотической свободы, означающее, что на малых расстояниях взаимодействие резко уменьшается и частицы становятся свободными. Таким образом, в случае сильных взаимодействий поляризация вакуума ведет к антиэкранировочному эффекту и асимптотической свободе. Так логика рассуждений «нуликаторов» в «антиэкранировочном» варианте помогла создать калибровочную теорию сильных взаимодействий. Проблема нуль-заряда и «московский нуль», вставшие на пути полевой концепции в 1950–1960-е гг., включая и теорию полей Янга–Миллса, неожиданно сыграли эвристическую роль в физическом оправдании и осмыслении калибровочной теории и триумфальном возвращении теории поля в физику фундаментальных взаимодействий.

В заключение замечание Ф. Вильчека из его Нобелевской лекции: *«Антиэкранирование переворачивает проблему Ландау (т.е. проблему нуль-заряда – В.В.) с ног на голову. В случае экранирования источник воздействия... <...> индуцирует появление компенсирующего облака виртуальных частиц. Большой заряд, расположенный в центре облака, слабо действует на больших расстояниях. Антиэкранирование, или асимптотическая свобода, напротив, подразумевает, что заряд малой величины катализирует появление облака виртуальных частиц, увеличивающих его мощность... <...> Так как виртуальные частицы сами являются заряженными, этот рост самоусиливается по мере удаления от источника... <...> Теории, в которых была обнаружена асимптотическая свобода, были названы неабелевыми калибровочными теориями или теориями Янга–Миллса. Они представляют собой обобщение электродинамики. В них постулируется существование нескольких типов заря-*

дов и связывающей их симметрии. То есть вместо одного единственного “заряда” мы имеем дело с несколькими “цветами”. Соответственно вместо одного фотона появляется семейство цветных глюонов. Цветные глюоны обладают цветовым зарядом. В этом отношении неабелевы теории отличаются от электродинамики, в которой фотон является нейтральным. Таким образом, глюоны в неабелевых теориях играют гораздо более активную роль, чем фотоны в электродинамике. Например, именно виртуальные глюоны ответственны за наличие антиэкранирования, которое отсутствует в КЭД» [42. С. 773–774].

Заключительные замечания

Изучение истории создания стандартной модели позволяет выявить в этой истории так называемые «поворотные моменты». Последовательность таких моментов иногда складывается в настоящую научную революцию. Именно такую ситуацию мы имеем в рассматриваемой истории. Особое место среди таких событий занимают «скрытые поворотные моменты». Скрытость их заключается в том, что поворотность этих моментов вначале не осознается научным сообществом и выясняется только спустя достаточно продолжительное время, иногда десятилетия. На первых же порах соответствующие результаты оцениваются большинством как ошибочные. Именно такое положение вещей было в случае с концепцией калибровочных полей, или полей Янга–Миллса. С другой стороны, некоторые моменты, признаваемые большинством как поворотные, со временем утрачивают свое значение, а соответствующие им результаты могут оказаться ошибочными. При этом нередко эти ошибки и связанные с ними методы или способы рассуждений могут нести не только негативный заряд, уводя исследователей с правильного пути, но и стать полезными и важными на пути к истине. Похожая картина сложилась с проблемой «нуль-заряда».

Особого внимания заслуживает и феномен упущенных возможностей, исследованный нами на примере создания теории неабелевых калибровочных полей. С одной стороны, он вносит в историю науки подлинный человеческий драматизм. А с другой, свидетельствует об объективной логике развития научного знания, о своего рода подготовленности, «назрелости» соответствующих событий. Выяснение причин

этих «упущений» делает картину создания и развития науки более стереоскопичной.

Начальная стадия истории создания стандартной модели иллюстрирует еще одну важную особенность развития науки в XX в., а именно то, как позиция авторитетных лидеров научного сообщества, в частности руководителей ведущих научных школ, может задержать развитие перспективных концепций и как она может направить поколение молодых исследователей по ложным путям. Наконец, рассматриваемая история демонстрирует правомерность «ошибочностной» концепции развития научного знания С.И. Вавилова, согласно которой «на ошибках вырастает наука».

Литература

1. Хоофт Г.'т *Перенормировка калибровочных теорий* // В кн.: Хоофт Г.'т. Избранные лекции по математической физике. – М.: Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2008. – 228 с.
2. *Пайс А. Гении науки.* – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 448 с.
3. *Кобзарев И.Ю., Манин Ю.И. Элементарные частицы. Диалоги физика и математика.* – М.: ФАЗИС, 1997. VIII+208 с.
4. *Фейнберг Е.Л. Как важно иногда быть консервативным. (Природа, 1988, №6)* // В кн.: Фейнберг Евгений Львович: личность сквозь призму памяти / Под ред. В.Л. Гинзбурга. – М.: Физматлит, 2008. – С. 324–338.
5. *Салам А. Калибровочное объединение фундаментальных сил. Нобелевская лекция 1979 г.* // В сб.: На пути к единой теории поля. – М.: Знание, 1980. С. 5–36.
6. *Глэшоу Ш. На пути к объединенной теории – нити в гобелене. Нобелевская лекция 1979 г.* // Там же. С. 51–64.
7. *Утияма Р. К чему пришла физика (От теории относительности к теории калибровочных полей).* – М.: Знание, 1986. – 224 с.
8. *Окунь Л.Б. Лептоны и кварки.* – М.: Наука, 1981.– 304 с.
9. *Исаев П.С. Обыкновенные, странные, очарованные, прекрасные... : Об истории развития теоретических идей в физике элементарных частиц. Изд. 2-е, испр. и дополн.* – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 320 с.
10. *Визгин Вл.П. С.И. Вавилов: «... на ошибках вырастает наука» // Исследования по истории физики и механики. 2016–2018.* – М.: Янус-К, 2019. С. 287–318.

11. *Pais A.* Inward bound: of matter and forces in the physical world. – Oxford, N.Y.: Clarendon Press, Oxford Univ. Press, 1986. – VIII+666 p.
12. *Cheng T.P., Li L.-F.* Resource Letter Gi-1: Gauge invariance // Amer. J. Phys. 1988. V. 56, № 7. Pp. 587–600.
13. *Kronfeld A.S., Quigg Ch.* Resource Letter QCD-1: Quantum chromodynamics // Am. J. Phys. 2010. V. 78, № 11. Pp. 1081–1116.
14. *Белокуров В.В., Ширков Д.В.* Теория взаимодействия частиц. – М.: Наука, 1986. – 160 с.
15. *Берестецкий В.В.* Нуль-заряд и асимптотическая свобода // В кн.: *В.В.Берестецкий.* Проблемы физики элементарных частиц – М.: Наука, 1979. С. 231–254.
16. Symmetries in physics (1600–1980). Proceedings of the 1-st Intern. Meeting on the Hist. of Scientific Ideas. Sant Feliu de Guixols, Catalonia, Spain. Sept. 20–26, 1983. / ed. by M. Doncel, A. Hermann, L. Michel, A. Pais. – Bellaterra, Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona, 1987. – XVI + 678 p.
17. *Mills R.* Gauge fields // Am. J. Phys.. 1989. V. 57, № 6. Pp. 493–507.
18. *Иоффе Б.Л.* Атомные проекты: события и люди. – М.: ЦСП и М, 2018. – 208 с.
19. Элементарные частицы и компенсирующие поля. Сборник статей / Под ред. Д.Д. Иваненко – М.: Мир, 1964. – 300 с.
20. *Визгин В.П.* Единые теории поля в первой трети XX в. – М.: Наука, 1985. – 304 с.
21. *Окунь Л.Б.* Альфа, бета, гамма... Z (Элементарное введение в физику элементарных частиц) – М.: Наука, 1985.– 112 с.
22. *Киббл Т.* История нарушенной симметрии электрослабых взаимодействий // arXiv: 1502.06276v1[physics hist-ph] 22 Feb. 2015 (пер. С. Кайдаровой).
23. *Янг Ч., Миллс Р.* Сохранение изотопического спина и изотопическая калибровочная инвариантность // В сб. [19]. С. 28–38.
24. *Утияма Р.* Инвариантная теория взаимодействий // В сб. [19]. С. 250–273.
25. *Иваненко Д.Д.* Теория элементарных частиц и векторные или компенсирующие поля. // Вступительная статья к сб. [19]. С. 7–27.
26. *Паули В.* Релятивистская теория элементарных частиц. – М.: Изд. иностр. литературы, 1947.– 84 с.
27. *Jackson J.D., Okun L.B.* Historical roots of gauge invariance // Rev. Mod. Phys. 2001. V. 73, № 6. Pp. 663–680.

28. *Швингер Ю.* Теория квантованных полей. – М.: Изд. иностр. лит., 1956. – 252 с.
29. *Вигнер Ю.* Инвариантность в физической теории // В кн.: *Е. Вигнер. Этюды о симметрии.* – М.: Мир, 1971. С. 9–19.
30. *Сакураи Дж.* Теория сильных взаимодействий // В сб. [19]. С. 42–104.
31. *Янг Ч.* Эйнштейн и физика второй половины XX века // УФН, 1980. Т. 132. С. 169–175.
32. *Славнов А.А.* Калибровочные поля // В кн.: *Физика микромира. Маленькая энциклопедия/ Главн. ред Д.В. Ширков* – М.: Сов. энциклопедия, 1980. С. 192–194.
33. *Славнов А.А., Фаддеев Л.Д.* Введение в квантовую теорию калибровочных полей. – М.: Наука, 1988. – 272 с.
34. *Коноплева Н.П., Попов В.Н.* Калибровочные поля. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Атомиздат, 1980. – 240 с.
35. *Ландау Л.Д.* Собрание трудов. Т.2. – М.: Наука, 1969. – 450 с.
36. *Гейзенберг В.* Современное состояние теории элементарных частиц // УФН, 1956. Т. 60, в. 3. С. 413–424.
37. *Ландау Л.Д.* О фундаментальных проблемах // В кн. [35]. С. 421–424.
38. *Гросс Д.Дж.* Открытие асимптотической свободы и появление КХД // УФН, 2005. Т. 175, 12. С. 1306–1318; / в кн.: *Нобелевские лекции по физике. 1995–2004.* – М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований; НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; – М.: Редакция журнала «Успехи физических наук», 2009. С. 727–752.
39. *Сахаров А.Д.* Воспоминания. В 2-х томах. Т. 1. – М.: Изд. «Права человека», 1996. – 912 с.
40. *Ширков Д.В.* Вспоминая Н.Н. Боголюбова // Воспоминания об академике Н.Н. Боголюбове. К столетию со дня рождения / Под ред. В.С. Владимирова и И.В. Воловича. – М.: МИАН, 2009. С. 143–172.
41. *Фаддеев Л.Д.* Автобиография // [https:// ru.calameo.com/read/005159010a19c2b2324c3?page=1](https://ru.calameo.com/read/005159010a19c2b2324c3?page=1)
42. *Вильчек Ф.* Асимптотическая свобода: от парадоксов к парадигмам // В кн.: *Нобелевские лекции по физике. 1995–2004.* – М., Ижевск: Институт компьютерных исследований; НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; М.: Редакция журнала «Успехи физических наук», 2009. С. 767–795.
43. *Tian Yu Cao.* Conceptual developments of 20th century field theories. – Cambridge: Cambridge University Press. 1997. XX+433 pp.

К.А. Томилин

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

СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ У ДЖ.К. МАКСВЕЛЛА

*«Я не задаюсь целью создать
какую-нибудь физическую теорию»
Дж.К. Максвелл, 1855¹⁾*

*«Та теория, которую я предлагаю,
может быть названа теорией
электромагнитного поля»
Дж.К. Максвелл, 1864²⁾*

К середине XIX в. были хорошо развиты теория всемирного тяготения, классическая механика, теория теплопроводности, гидродинамика, теория упругости, оптика, а также электростатика и магнитостатика. В период с 1820 г. – открытия Г.Х. Эрстедом влияния электрического тока на магнитную стрелку, до 1831 г. – открытия М. Фарадеем явления электромагнитной индукции, был сделан целый ряд экспериментальных открытий в области электричества и магнетизма, которые выявили связь этих явлений и поставили задачу объединения этих теорий. Большинство ученых того времени стремилось обосновать единую теорию электричества и магнетизма на основе дальнего действия, видя в качестве образца теорию всемирного тяготения И. Ньютона, основанную на мгновенном действии на расстоянии (А.-М. Ампер, В. Вебер, Ф. Нейман и др. [Булюбаиш 1985]). Другое направление – ближнего действия, наиболее яркими представителями которого были М. Фарадей, а затем и Дж.К. Максвелл, предполагало участие в передаче взаимодействия некоторой промежуточной среды. При этом взаимодействие не

¹⁾ «I am not attempting to establish any physical theory» [Maxwell 1855/56, p. 157].

²⁾ «The theory I propose may therefore be called a theory of the *Electromagnetic Field*» [Maxwell 1864/65, p. 460].

являлось мгновенным, а распространялось постепенно в этой среде с некоторой скоростью. Очевидно, что концепции близкодействия способствовала и гипотеза об электромагнитной природе света, распространяющегося с большой, но конечной скоростью.

Дж.К. Максвелл в период с 1847 по 1850 гг. учился в Эдинбургском университете, а в 1850 г. переехал, как и многие его однокурсники, в Кембридж для получения дальнейшего образования, где поступил сначала в Питер-хаус, а затем, после первого семестра, перешел в престижный Тринити-колледж при Кембриджском университете. В январе 1854 г. Максвелл сдал трехступенчатый экзамен по математике и получил степень бакалавра. В феврале 1854 г. Дж.К. Максвелл, оставшийся в Кембридже для подготовки к профессорскому званию, обратился к У. Томсону за рекомендацией о научной литературе по электричеству и порядке ее изучения (частично сохранилась и позже была опубликована их переписка). В течение 1854–55 гг. Максвелл изучал научные труды разных ученых, и в декабре 1855 г. и феврале 1856 г. представил в Кембриджском философском обществе два фундаментальных доклада по электричеству и магнетизму. Судя по этим докладам, наибольшее влияние на формирование Максвелла как ученого и на направление его исследований в области электромагнетизма оказали работы У. Томсона и М. Фарадея.

Работы У. Томсона, в которых развивались математические теории электричества и магнетизма, и предлагались, в частности, механические и термодинамические аналоги для электрических и магнитных величин и явлений, открыли для Максвелла метод механико-математической аналогии. Так, в статье 1842 г.¹⁾ Томсон рассматривал электрические явления по аналогии с теорией теплопроводности в твердых однородных телах, а в статье 1847 г. он рассмотрел электрические, магнитные и гальванические явления по аналогии с теорией упругости [*Thomson* 1842, 1847; см. также 1849–50,

¹⁾ Статья была опубликована в 1842 г. без упоминания имени У. Томсона под псевдонимом P. Q. R, а в марте 1854 г. Томсон перепечатывает ее уже под своим именем в «*Philosophical Magazine*», добавив только примечания. В статье Томсон показывает, что поток тепла пропорционален градиенту температуры, это аналогично тому как в проводниках электрический ток пропорционален градиенту потенциала.

1853]. При этом аналогом магнитного поля выступал угол деформации упругого тела, который был связан с линейной деформацией через математическую операцию, получившую позже название ротора (вихря).¹⁾

Помимо работ У. Томсона Максвелл тщательно изучил работы М. Фарадея, которому принадлежал целый ряд выдающихся экспериментальных открытий, в том числе явления электромагнитной индукции и законов электролиза. При этом Фарадей избегал математической формулировки законов электромагнетизма и Максвелл, получив в Кембридже хорошее математическое образование, направил свои усилия на представление идей Фарадея в математической форме.

Также важнейшими инструментами для формирования системы физических понятий электродинамики послужили теорема Г. Гельмгольца о разложении произвольного векторного поля на соленоидальную и градиентную части и математические теоремы Томсона-Стокса²⁾ и Остроградского-Гаусса. При этом Максвелл слушал лекции Дж. Стокса в Кембридже и даже решил конкурсную задачу, связанную с этой теоремой. Таким образом, прямая коммуникация с выдающимися математиками и физиками У. Томсоном и Дж. Стоксом прямо вывела Максвелла на самые передовые рубежи физики и дала в его руки инструменты – математические теоремы и метод аналогий – позволившие сформировать систему понятий и уравнений классической электродинамики.

Основные работы Дж.К. Максвелла по электродинамике были опубликованы в статьях «О фарадеевых силовых линиях» (прочитано на двух заседаниях в 1855 и 1856 гг.³⁾), «О физических силовых линиях» (опубликован четырьмя частями в 1861–62 гг.), «Динамическая теория электромагнитного поля» (доклад в декабре 1864 г., текст опубликован в

¹⁾ О работах У. Томсона см.: [Buchwald 1977, Wise 1979, Wise 1981].

²⁾ Теорема была написана У. Томсоном в письме Дж. Стоксу 2 июля 1850 г. и доказана в 1861 г. Г. Ганкелем (см. [Kats 1979]), однако, как выяснилось, еще до них ее впервые использовал А.-М. Ампер [Appel 1922, см. [БелькинД 1968, с. 133–134].

³⁾ В 1856 г. были опубликованы подробные аннотации этих докладов [Maxwell 1856]. В статье 1861 г. Максвелл сослался публикацию текста докладов, как уже состоявшуюся, но само издание задержалось до 1864 г.

1865 г.) и «Трактат об электричестве и магнетизме» (1873) [*Maxwell* 1855/56, 1861, 1864/65, 1873].¹⁾

10 декабря 1855 г. и 11 февраля 1856 г. Дж.К. Максвелл прочел два доклада в Кембриджском философском обществе, посвященных работам М. Фарадея и математическим подходам к описанию явлений электромагнетизма. В самом начале доклада 10 декабря 1855 г. Максвелл изложил свою методологию развития физического знания, позже высоко оцененную Л. Больцманом, назвавшего его «столь же крупным творцом в теории познания, как и в теоретической физике» (см. его примечания к переводу этого доклада на немецкий язык [*Максвелл* 1952, с. 90–91]). Максвелл сформулировал общие требования к теории электромагнетизма: «Такая теория должна точно удовлетворять тем законам, математическая форма которых известна и должна предоставлять средства для расчета эффектов в предельных случаях, где известные формулы неприменимы.» [*Maxwell* 1855/56, р. 27]²⁾. «Для успешного развития науки, – отметил Максвелл, – необходимо прежде всего упрощение и редукция результатов прежних исследований и приведение их к форме наиболее доступной восприятию. Результаты такого упрощения могут принять форму чисто математической формулы или физической гипотезы». При этом увлечение математическим формализмом, как замечает Максвелл, приводит к утрате понимания связи между физическими явлениями, а следование какой-либо физической гипотезе – к слепоте по отношению к фактам. В качестве метода развития физики Максвелл предлагает использовать различные аналогии, при этом заимствуя из них математические соотношения и не рассматривая эти аналогии как физическую реальность. Затем следует этап математического обобщения, когда удастся математически обобщить имеющиеся соотношения. Такое математическое обобщение должно предсказывать новые факты, проверяемые на опыте, и ставить новые вопросы перед теоретической физикой. Ответ же на эти новые вопросы, по мысли Максвелла, может дать только единственно верная физическая теория. Относительно описания электромагнит-

1) Уравнения электродинамики в работах Максвелла ранее также анализировались Н.Т. Маркчевым, см. [*Маркчев* 1985].

2) Переводы уточнены по оригинальной публикации [*Maxwell* 1855/56].

ных явлений, Максвелл отметил, что «никакая электрическая теория не может быть выдвинута, если она не только показывает связь между покоящимся и текущим электричеством, но и между притяжениями и индуктивными эффектами электричества в обоих состояниях». Хотя Максвелл указал, что «не задается целью создать какую-нибудь физическую теорию», результатом его исследований стало создание одной из фундаментальных физических теорий – классической электродинамики.

В этом же докладе 10 декабря 1855 г. Максвелл предложил использовать модель невесомой несжимаемой жидкости (*imponderable incompressible fluid*), движущуюся с сопротивлением некоторой среды. Для движения жидкости с постоянной скоростью необходимо прикладывать силу, уравновешивающую силу сопротивления среды и пропорциональную скорости тока (это явно стимулировалось законом Ома, согласно которому плотность тока $\mathbf{j} = \rho \mathbf{v}$ пропорциональна электродвижущей силе E , и законом Стокса). Причем Максвелл подчеркивал, что речь идет не о построении механической модели, а о чисто воображаемой жидкости (*imaginary fluid*), не имеющей ничего общего с механическими моделями XVIII в. Таким образом, речь шла об использовании математической модели несжимаемой жидкости, что давало возможность применить такую модель к разным проявлениям электромагнетизма, не только к электрическому току, но и к магнитному полю, чьи силовые линии были замкнуты (что было аналогично замкнутому контуру цепи постоянного тока). Поскольку ток такой жидкости характеризовался как направлением, так и абсолютной величиной, Максвелл ввел геометрические образы силовых линий и трубок (*tubes*).¹⁾ Силовые линии показывали направление действия сил (и направление тока воображаемой жидкости), а сечение трубок, боковые поверхности которых имели одинаковое давление, было обратно пропорционально величине скорости. Такая модель была выбрана, чтобы в каждой такой трубке разного сечения выполнялась одна и та же работа по перемещению жидкости. Модель трубок оказалась в дальнейшем очень полезной, поскольку с ее помощью, как оказалось, можно было определять вектора первого и второго рода (силовые и потоковые). В этом же докладе Максвелл привел в

¹⁾ Об аналогиях в этой статье см. [*Lambert 2010*].

словесно-смысловой форме законы, связанные с электрическим током, открытые Эрстедом, Ампером, Фарадеем и Омом.

Второй доклад Максвелла, прочитанный 11 февраля 1856 г. в продолжение первого, был посвящен понятию «электротонического состояния» Фарадея (electro-tonic state), современное название – векторный потенциал. Помимо Фарадея аналогичные понятия вводили Ф. Нейман и Г. Кирхгоф.¹⁾ Необходимость его введения вытекала из явления электромагнитной индукции – появления электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром. Ценность этого понятия заключалась в том, что из него можно было определять и электрические, и магнитные поля, а недостатком – что физический смысл, как считалось в то время, имеет не сам векторный потенциал, а лишь его изменение. Это и привело к тому, что Фарадей, как отмечает Максвелл, в какой-то период от него отказался. Для Максвелла это понятие играло важнейшую роль, оно присутствовало во всех его трех основных статьях и «Трактате» (см. [Bork 1967, Визгин 1985]). Первоначально, следуя Фарадею, Максвелл называл эту величину электротоническим состоянием и электротонической интенсивностью (electrotonic intensity), а с 1864 г. – электромагнитным импульсом (electromagnetic momentum), а также в «Трактате» (п. 406) вектор-потенциалом (vector-potential) магнитной индукции [Maxwell 1873, 2, p. 30]. «С интерпретацией импульса векторный потенциал стал центральным динамическим понятием теории Максвелла», – отмечал О. Дарригол [Darrigol 2000, p. 159]. Эту величину, как считал Максвелл, «можно было бы даже назвать основным понятием (fundamental quantity) электромагнитной теории» (п. 540) [Maxwell 1873, 2, p. 173]. Однако не все последователи Максвелла оценили векторный потенциал. Так, Г. Герцем он рассматривался как «математический рудимент» и был исключен из системы уравнений. Позже, с развитием квантовой механики оказалось, что именно потенциалы играют основополагающую роль.

Максвелл указывает на принципиальное различие между понятиями количества и интенсивности применительно к

¹⁾ [Neumann 1846; Kirchhoff 1857a. S.199; 1857b S. 530]; см. также [Уиттекер 1910, с. 240–242, с. 279].

току и магнитным полям.¹⁾ А затем в отдельном параграфе (summary) приводит 6 основных законов электромагнетизма, предлагая рассматривать их как истинные. Оба эти доклада были опубликованы полностью в 1864 г. под общим названием «О фарадеевых силовых линиях».

1. Законы электродинамики в статье «О фарадеевых силовых линиях»

Шесть законов, приведенных Максвеллом в обзоре теории электротонического состояния, были выражены им в словесно-смысловой форме. Приведем их ниже и выразим в современной математической форме.

«Закон I. Полная электротоническая интенсивность вдоль границы элемента поверхности служит мерой величины магнитной индукции, проходящей через эту поверхность, или, другими словами, мерой числа магнитных силовых линий, пронизывающих данную поверхность.» В математической форме это уравнение²⁾:

$$\oint_L \mathbf{A} d\mathbf{l} = \int_S \mathbf{B} d\mathbf{S}.$$

С использованием понятия магнитного потока (потока вектора магнитной индукции), этот закон можно сформулировать следующим образом: интеграл по замкнутому контуру от векторного потенциала равен магнитному потоку, про-

¹⁾ На важность различения экстенсивных и интенсивных величин в физике обратил внимание еще М. Фарадей, что было высоко оценено Дж.К. Максвеллом. В XX в. это различие было последовательно проведено в учебниках Г. Ми и А. Зоммерфельда. Интересно, что, еще учась в Эдинбургском университете, Максвелл слушал лекции шотландского философа-кантианца У. Гамильтона (однофамильца выдающегося ирландского математика), который философские высказывания стремился выразить в виде уравнений и различал интенсивные и экстенсивные силлогизмы.

²⁾ Вообще говоря, символьное обозначение для магнитной индукции (magnetic induction) Максвелл ввел только в 1873 г., а до этого выражал эту физическую величину в виде произведения $\mu\mathbf{H}$ (произведение напряженности поля \mathbf{H} на магнитную проницаемость μ), причем в компонентной форме. Но поскольку в докладе 1856 г. Максвелл в формулировке этого закона использовал название «магнитная индукция», это позволяет с современной точки зрения выразить этот закон в такой форме.

ходящему через поверхность, охватываемую этим контуром:
 $\oint_L \mathbf{A} d\mathbf{l} = \Phi_B$. С выбором по определению $\mathbf{B} = \text{rot}\mathbf{A}$ этот закон, с

учетом теоремы Стокса $\oint_L \mathbf{A} d\mathbf{l} = \int_S \text{rot}\mathbf{A} d\mathbf{S}$, превращается в ма-

тематическое тождество.

«Закон II. Магнитная интенсивность в любой точке связана с величиной магнитной индукции набором линейных уравнений, называемых уравнениями [магнитной] проводимости (conduction).» Этот закон можно выразить в следующей математической форме (в гауссовой системе):

$$\mathbf{B} = \mu\mathbf{H}$$

(в случае неизотропных магнитных сред μ является матрицей). На различия между магнитными полями \mathbf{B} и \mathbf{H} указал У. Томсон (Кельвин) в 1850 г.¹⁾ В современной форме в этом уравнении выделяется еще константа μ_0 , являющаяся комбинацией фундаментальных постоянных: $\mathbf{B} = \mu\mu_0\mathbf{H}$. Эти уравнения вместе с аналогичными уравнениями для электрических величин $\mathbf{D} = \varepsilon\varepsilon_0\mathbf{E}$ ныне называются материальными уравнениями (constitutive relations) и составляют третью пару уравнений классической электродинамики. Долгое время они рассматривались как вторичные уравнения, связанные с конкретным веществом, однако с реформой 2019 г. константы ε_0 и μ_0 стали определяться как комбинации константы электромагнитного взаимодействия α и фундаментальных размерных постоянных c , \hbar и e .²⁾

«Закон III. Полная магнитная интенсивность вдоль границы поверхности является мерой величины электрического тока, проходящего через эту поверхность». В математической форме это уравнение:

¹⁾ [Уиттекер 1910, с. 264], см. также [Gooding 1980].

²⁾ Наличие константы электромагнитного взаимодействия в материальных уравнениях в современной Международной системе (СИ) показывает, что именно они являются собственно уравнениями электромагнитного взаимодействия, в отличие от первой и второй пар уравнений Максвелла – математических уравнений, не содержащих константы взаимодействия и выражающих законы сохранения энергии и электрического заряда. В гауссовой системе константа взаимодействия включается прямо в определения всех физических величин и исключается из уравнений, что упрощает их вид, но создает в дальнейшем дополнительные проблемы.

$$\oint_L \mathbf{H} d\mathbf{l} = I.$$

Этот закон вытекал из экспериментов Эрстеда, открывшего влияние электрического тока на магнитную стрелку и вихревой характер этой силы, а в математическое описание этого явления значительный вклад внес А.-М. Ампер, предвосхитивший даже теорему Стокса. Поэтому ныне это уравнение часто называют законом Ампера. Применяя теорему Стокса (которую более правильно называть теоремой Ампера-Томсона-Стокса), этот закон $I = \oint_L \mathbf{H} d\mathbf{l} = \int_S \text{rot} \mathbf{H} d\mathbf{S}$, с учетом

$$I = \int_S \mathbf{j} d\mathbf{S}, \text{ можно преобразовать к дифференциальной форме } \text{rot} \mathbf{H} = \mathbf{j}.$$

«Закон IV. Величина и интенсивность электрических токов связаны системой уравнений проводимости.» Это закон Ома (под интенсивностью электрического тока Фарадей и Максвелл понимали напряжение).

$$U = RI \text{ и } \sigma \mathbf{E} = \mathbf{j}$$

(в случае неизотропных проводящих сред R и σ являются матрицами).

Этих четырех законов, как указал Максвелл, достаточно, чтобы вывести из электротонического состояния все количественные и интенсивные величины магнетизма и электричества.

«Закон V. Полный электромагнитный потенциал замкнутого тока измеряется произведением величины тока на полную электротоническую интенсивность, взятую в том же направлении вдоль контура».

$$\mathcal{E} = I \cdot \oint_L \mathbf{A} d\mathbf{l} = I \cdot \Phi_B.$$

Из этого закона, в частности, следует, что работа при перемещении проводника с током в магнитном поле (например, под действием силы Ампера) численно равна произведению величины электрического тока I на величину магнитного потока Φ_B , пересеченную этим проводником.

«Закон VI. Электродвижущая сила любого элемента проводника измеряется мгновенной скоростью изменения элек-

тротонической интенсивности в этом элементе, как по величине, так и по направлению»

$$\mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}.$$

Отметим, что Максвелл первоначально выбирал в этой формуле знак плюс по аналогии со вторым законом Ньютона (см. ниже). Более точное определение следует из того, что $\text{rot}\left(\mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}\right) = \mathbf{0}$, откуда

$$\mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \text{grad}\phi.$$

Если совместить законы I и VI, то можно получить уравнение $\oint_L \mathbf{E}d\mathbf{l} + \frac{\partial \Phi_B}{\partial t} = 0$, которое представляет собой закон сохранения энергии – работа по перемещению электрических зарядов по замкнутому контуру определяется изменением энергии магнитного поля, проходящего через поверхность, охватываемую этим контуром (в дальнейшем Максвелл и выводил это уравнение прямо через закон сохранения энергии).

Ныне в такой форме этот закон называется «первой парой» уравнений Максвелла в интегральной форме, он выражает закон электромагнитной индукции Фарадея. С учетом теоремы Стокса $\oint_L \mathbf{E}d\mathbf{l} = \int_S \text{rot}\mathbf{E}d\mathbf{S}$ этот закон можно преобразовать к дифференциальной форме: $\text{rot}\mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \mathbf{0}$.

Для пяти векторных величин (\mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{H} , \mathbf{j} , \mathbf{E}) и одной скалярной величины \mathcal{E} эти шесть указанных Максвеллом законов образуют согласованную систему. Причем уравнения удовлетворяли и уравнению непрерывности для постоянного тока в форме $\text{div}\mathbf{j} = 0$, которое (в компонентной форме) использовал в этом докладе Максвелл [*Maxwell 1855/56*, р. 40]. Однако такая система не позволяла описывать свободные поля и таким образом не была достаточной для описания света как электродинамического процесса. Это оказалось возможным при введении Максвеллом в 1861 г. понятия тока смещения, согласованного и с уравнением непрерывности $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}\mathbf{j} = 0$.

2. Уравнения Максвелла 1861 г., образующие системы

В осеннем семестре 1855 г. Максвелл преподавал в Кембридже гидростатику и оптику, однако в начале 1856 г. после сделанных им двух докладов о фарадеевых силовых линиях и электротоническом состоянии по семейным обстоятельствам возвращается в Шотландию, где в апреле получает должность профессора кафедры натуральной философии Маришаль-колледжа в Абердине. Помимо преподавания (с октября по апрель) Максвелл занимался в этот период продолжением своих исследований по трем основным цветам, начатым еще в Кембридже, которые стали основой цветной фотографии, а также оптическими приборами, проблемой устойчивости колец Сатурна (это исследование стимулировалось конкурсом на ее решение), динамикой газа и вопросами графического отображения силовых линий Фарадея. В 1857 г. Максвелл посылает тексты своих работ Фарадею и между ними возникает переписка.

В начале 1860 г. два абердинских колледжа были объединены и должность Максвелла оказалась ликвидированной. Найти другую должность в Шотландии Максвеллу не удалось и он возвращается в Лондон, где становится профессором кафедры натуральной философии Кингс-колледжа.

В это время в 1857 г. Г. Кирхгофом на основе экспериментальной работы В. Вебера и Ф. Кольрауша, в которой была измерена константа c_w закона Вебера, было показано, что электричество в проводах распространяется со скоростью $c_w / \sqrt{2}$, «очень близкой к скорости света в пустом пространстве» [*Kirhhgoff* 1857a, S. 210]. В июне 1857 г. перевод этой статьи Кирхгофа был опубликован в «*Philosophical Magazine*». Для сторонников близкодействия это стало важным аргументом в пользу этого направления и явно стимулировало их к продолжению своих исследований. Возможно, именно гипотеза об электромагнитной природе света имела решающее эвристическое значение для создания электродинамики. Так, Риман из этой гипотезы сразу сделал вывод, что уравнение для скалярного потенциала должно быть также волновым и записал такое уравнение, однако его статья была опубликована только в 1867 г. [*Riemann* 1867]. Максвелла привлекает идея диэлектрического эфира, что позволяет применить теорию диэлектриков, разработанную М. Фарадеем и О.Ф. Моссотти. Гипотеза Максвелла о токе поляризации эфира (токе смещения) оказывается достаточ-

ной, чтобы согласовать уравнения электромагнетизма и вывести поперечные электромагнитные колебания.

В 1861 г. Максвелл публикует четырьмя частями в журнале «Philosophical Magazine» статью «О физических силовых линиях», в которой уже присутствуют все основные уравнения электродинамики, в уравнения введен ток смещения – ключевая идея Максвелла, и даются основания для электромагнитной природы света. В своей статье для описания электромагнитных явлений Максвелл широко применяет механические аналогии с соответствующими рисунками вращающихся колес, что создавало впечатление, что автор строит некоторую механическую теорию электромагнетизма. Так, историк П. Дюгем позже писал, что эта теория напоминает фабрику. Однако, как это было отмечено самим Максвеллом в самом начале его статьи, его целью было рассмотреть механические явления – натяжение и перемещение в среде, вывести из них следствия и сравнить с электромагнитными явлениями, чтобы убедить сторонников близкодействия, что механическое описание электромагнитных явлений принципиально возможно [Максвелл 1952, с. 108]. «Наглядность механических моделей должна была, по его мысли, облегчить понимание не наглядных электромагнитных явлений. Однако в действительности эти модели только затрудняли понимание теории», – отмечает Я.Г. Дорфман [Дорфман 1979, с. 96]. В дальнейших публикациях Максвелл работал уже с уравнениями, лишь изредка привлекая механические аналогии и подчеркивая их иллюстративный характер.

В предшествующей статье¹⁾ были рассмотрены уравнения электродинамики Дж.К. Максвелла 1861 г., и в ранних статьях Г. Герца и А. Зоммерфельда. Как видим, ясно прослеживается историческая линия формы классической электродинамики, основанной только на двух полях – напряженностях электрического поля **E** и магнитного поля **H**, идущая от ранней работы Максвелла до современности:

— ранний Максвелл – в статье 1861 г., напечатанной в четырех частях, было представлено более 165 разных уравнений, относящихся к электромагнетизму, среди которых, как теперь очевидно, можно выделить системы уравнений – минимальную систему образуют 6 уравнений, связывающие 6 компонент напряженностей электрического и магнитного

¹⁾ См. [Томилини 2019].

полей (с современной точки зрения это два векторных уравнения, связывающих поля \mathbf{E} и \mathbf{H} в веществе); вторую систему образуют 10 уравнений, связывающие компоненты напряженностей и потенциалов (с современной точки зрения это три векторных и одно скалярное уравнение, связывающие векторный и скалярный потенциалы \mathbf{A} и φ , и поля \mathbf{E} и \mathbf{H} в веществе) [Maxwell 1861];

— ранний Герц – в статьях 1884 и 1889 гг. были представлены в компонентной форме уравнения электродинамики для свободных полей, эквивалентные уравнениям Максвелла 1861 г. для вакуума и без источников; эта форма уравнений в дальнейшем получила широкое распространение [Hertz 1884, S. 100; Hertz 1889, S. 93];

— ранний Эйнштейн – в основополагающей статье 1905 г. по теории относительности А. Эйнштейн использовал форму 6 уравнений электродинамики для свободных полей, связывающих 6 компонент полей \mathbf{E} и \mathbf{H} , аналогичную формам уравнений Максвелла 1861 г. и Герца 1884 и 1889 гг. [Einstein 1905];

— ранний Зоммерфельд – в статье 1910 г., направленной на развитие 4-мерного формализма, А. Зоммерфельд вместо двух тензоров Г. Минковского ввел один «тензор», составленный из напряженностей полей \mathbf{E} и \mathbf{H} , в дальнейшем он признал, что эти поля не образуют одной физической величины [Sommerfeld 1910];

— форма, основанная на «тензоре», составленном из \mathbf{E} и \mathbf{H} , была закреплена в ряде учебных курсов, в том числе и «Теория поля» (1941) Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица, на основе которого ведется подготовка физиков-теоретиков в РФ; однако и Е.М. Лифшицу в 1960-е гг. пришлось ввести в «Теорию поля» задачу с двумя тензорами и 4 полями при рассмотрении электродинамики при наличии гравитации [Ландау, Лифшиц 1941].

Как видим, эта линия проходит по ранним работам физиков и все, в той или иной степени, вынуждены были в дальнейшем перейти к использованию индукций и двух тензоров, не только в веществе, но и в вакууме.

Хотя сам Дж.К. Максвелл в статье 1861 г. «О физических силовых линиях» еще не выделял полные системы основных уравнений (такая система была представлена им впервые в 1864 г.), полезно привести уравнения из этой статьи, образующие системы.

Уравнения Максвелла 1861 г., образующие минимальную систему

$\left. \begin{aligned} \frac{dQ}{dz} - \frac{dR}{dy} &= \mu \frac{d\alpha}{dt} \\ \frac{dR}{dx} - \frac{dP}{dz} &= \mu \frac{d\beta}{dt} \\ \frac{dP}{dy} - \frac{dQ}{dx} &= \mu \frac{d\gamma}{dt} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (54)$	$\left. \begin{aligned} p &= \frac{1}{4\pi} \left(\frac{d\gamma}{dy} - \frac{d\beta}{dz} - \frac{1}{E^2} \frac{dP}{dt} \right), \\ q &= \frac{1}{4\pi} \left(\frac{d\alpha}{dx} - \frac{d\gamma}{dz} - \frac{1}{E^2} \frac{dQ}{dt} \right), \\ r &= \frac{1}{4\pi} \left(\frac{d\beta}{dx} - \frac{d\alpha}{dy} - \frac{1}{E^2} \frac{dR}{dt} \right), \end{aligned} \right\} \dots \dots (112)$
$\frac{1}{4\pi} \left(\frac{d}{dx} \mu\alpha + \frac{d}{dy} \mu\beta + \frac{d}{dz} \mu\gamma \right) = m = 0, \dots (56)$	$e = \frac{1}{4\pi E^2} \left(\frac{dP}{dx} + \frac{dQ}{dy} + \frac{dR}{dz} \right), \dots \dots (115)$
<p>Уравнения (54) и (56) в статье Дж.К. Максвелла 1861 г., связывающие вектора напряженностей $E = (P, Q, R)$ и $H = (\alpha, \beta, \gamma)$ [Maxwell 1861, p. 290] и соответствующие первой паре уравнений Максвелла, совмещенной с материальными уравнениями.</p>	<p>«Вторая пара» уравнений Максвелла (уравнения (112) и (115)) в статье Дж.К. Максвелла 1861 г. [Maxwell 1861, p. 18].</p>

В векторной форме эти уравнения соответствуют:

$$-\text{rot}E = \mu \frac{\partial H}{\partial t} \quad (54)$$

$$J_f = -\frac{1}{4\pi} \text{rot}H + \frac{1}{k} \frac{\partial E}{\partial t} \quad (112)$$

$$\frac{1}{4\pi} \text{div}(\mu H) = m = 0 \quad (56)$$

$$\rho = -\frac{1}{k} \text{div}E \quad (115)$$

где коэффициентом k обозначена максвелловская постоянная $-4\pi E^2$, чтобы отличать ее от электрического поля E , обозначаемого ныне тем же символом (именно такое обозначение, собственно, сделал и сам Максвелл при формировании в 1864 г. системы уравнений). В такой форме материальные уравнения непосредственно включены в первую и вторую пары уравнений Максвелла и тем самым исключены индукции. С современной точки зрения коэффициент $k^{-1} = \varepsilon\varepsilon_0$, а под μ следует понимать $\mu\mu_0$. Следует отметить, что для Максвелла эти уравнения образовывали систему только при отсутствии источников, поскольку он рассматривал плотности заряда и тока как независимые величины, т. е. с точки зрения Максвелла не хватало еще одного векторного уравнения, чтобы число уравнений было точно равно числу неизвестных. Позже при формировании системы Максвелл добился полного соответствия, введя в

систему уравнений закон Ома. Однако с современной точки зрения плотности заряда и тока рассматриваются как заданные источники и таким образом эти уравнения образуют систему и без закона Ома, который рассматривается отдельно.

С использованием потенциалов из уравнений Максвелла 1861 г. можно сформировать следующую расширенную систему:

Таблица 2

Уравнения Максвелла 1861 г., образующие расширенную систему

$\left. \begin{aligned} \frac{dG}{dz} - \frac{dH}{dy} &= \mu\alpha, \\ \frac{dH}{dx} - \frac{dF}{dz} &= \mu\beta, \\ \frac{dF}{dy} - \frac{dG}{dx} &= \mu\gamma, \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (55)$	$\left. \begin{aligned} p &= \frac{1}{4\pi} \left(\frac{dy}{dy} - \frac{d\beta}{dz} - \frac{1}{E^2} \frac{dP}{dt} \right), \\ q &= \frac{1}{4\pi} \left(\frac{dx}{dx} - \frac{d\gamma}{dz} - \frac{1}{E^2} \frac{dQ}{dt} \right), \\ r &= \frac{1}{4\pi} \left(\frac{d\beta}{dx} - \frac{d\alpha}{dy} - \frac{1}{E^2} \frac{dR}{dt} \right), \end{aligned} \right\} \dots \dots (112)$
$\left. \begin{aligned} P &= \mu\gamma \frac{dy}{dt} - \mu\beta \frac{dz}{dt} + \frac{dF}{dt} - \frac{d\Psi}{dx}, \\ Q &= \mu\alpha \frac{dz}{dt} - \mu\gamma \frac{dx}{dt} + \frac{dG}{dt} - \frac{d\Psi}{dy}, \\ R &= \mu\beta \frac{dx}{dt} - \mu\alpha \frac{dy}{dt} + \frac{dH}{dt} - \frac{d\Psi}{dz}. \end{aligned} \right\} \dots \dots (77)$	$e = \frac{1}{4\pi E^2} \left(\frac{dP}{dx} + \frac{dQ}{dy} + \frac{dR}{dz} \right), \dots \dots (115)$
<p>Уравнения (55) связывают векторный потенциал $\mathbf{A} = (F, G, H)$ и напряженность магнитного поля $\mathbf{H} = (\alpha, \beta, \gamma)$. Уравнение (77) связывает напряженность электрического поля $\mathbf{E} = (P, Q, R)$ со скалярным и векторным потенциалом, а также в случае движения с напряженностью магнитного поля \mathbf{H} [Maxwell 1861, p. 290 и 342].</p>	<p>«Вторая пара» уравнений Максвелла (уравнения (112) и (115)) в статье Дж.К. Максвелла 1861 г. [Maxwell, 1861, p. 18].</p>

При этом уравнения (54) и (56) (т. е. «первая пара» уравнений Максвелла) становились излишними, поскольку вытекали из уравнений (55) и (57), связывающих поля \mathbf{E} и \mathbf{H} с потенциалами. В векторной форме эти уравнения соответствуют уравнениям:

$$-\text{rot}\mathbf{A} = \mu\mathbf{H} \quad (55)$$

$$\mathbf{j}_f = \frac{1}{4\pi} \text{rot}\mathbf{H} + \frac{1}{k} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (112)$$

$$\mathbf{E} = \mu[\mathbf{v}, \mathbf{H}] + \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \text{grad}\phi \quad (77)$$

$$\rho = -\frac{1}{k} \text{div}\mathbf{E} \quad (115)$$

Чтобы получить уравнение (115) Максвелл использовал уравнение (112) и уравнение непрерывности

$$\frac{dp}{dx} + \frac{dq}{dy} + \frac{dr}{dz} + \frac{de}{dt} = 0. \dots \dots \dots (113)$$

(в современной форме $\text{div} \mathbf{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$). Это в некоторой степени

противоречит гипотезе, что ток смещения был введен Максвеллом в (112) для согласования уравнения непрерывности (113) и уравнения (115) и предполагает различие в самом открытии и его обосновании в опубликованной статье. Отметим, что «вторая пара» уравнений Максвелла (112) ныне наиболее просто вводится в учебной литературе с помощью уравнения непрерывности (113), выражающего закон сохранения электрического заряда, и уравнения (115), следующего из теоремы Остроградского-Гаусса. В 1864 г. уравнение непрерывности (113) Максвелл прямо включил в систему уравнений, хотя оно было в системе избыточным.

Поскольку из 4 компонент векторного и скалярного потенциалов только 3 являются независимыми, на них накладываются те или иные калибровочные условия, упрощающие уравнения. Максвелл использовал кулоновское калибровочное условие, удобное в электростатике:

$$\frac{dF}{dx} + \frac{dG}{dy} + \frac{dH}{dz} = 0. \dots \dots \dots (57)$$

(в современной форме $\text{div} \mathbf{A} = 0$; ныне обычно применяется условие $\frac{\partial \varphi}{c^2 \partial t} + \text{div} \mathbf{A} = 0$, инвариантное при преобразованиях

Лоренца).

Отметим еще то, что в формулу для электродвижущей силы (напряженности электрического поля \mathbf{E}) производная от векторного потенциала у Максвелла первоначально входила с положительным знаком (см. уравнение (77) в табл. 2), а не с отрицательным, как это было у Г. Кирхгофа и как принято сейчас. Возможно, это было следствием прямой аналогии между уравнениями механики и электромагнетизма (согласно второму закону Ньютона изменение импульса тела пропорционально приложенной силе: $\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$, ана-

логично при рассмотрении электромагнитных явлений Мак-

свелл показал, что изменение электромагнитного импульса пропорционально приложенной электродвижущей силе:

$$E = \frac{dA}{dt}, \text{ см. уравнение (58) [Maxwell 1861, p. 290].}$$

Традиционный ныне знак минус в этом соотношении появился у Максвелла с 1864 г. и в уравнении (55) знак заменился на плюс¹⁾. Также Максвелл получил для напряженности поля обобщенную формулу с учетом движения проводника, ныне этот член $[\mathbf{v}, \mathbf{B}]$ не включается в определение поля \mathbf{E} и позже был переоткрыт Х. Лоренцем.

В статье 1861 г. Максвелл также использовал уравнение электрической упругости – линейное соотношение между компонентами электродвижущей силы и смещения зарядов из теории поляризации диэлектриков Фарадея-Моссотти (в современной форме $\mathbf{E} = k\mathbf{D}$), аналогичное закону Гука:

$$\mathbf{P} = -4\pi\mathbf{E}^2\mathbf{f}, \quad \mathbf{Q} = -4\pi\mathbf{E}^2\mathbf{g}, \quad \mathbf{R} = -4\pi\mathbf{E}^2\mathbf{h}; \quad . \quad (119)$$

но ток смещения выражал в уравнении (77) прямо через напряженность поля \mathbf{E} , а не через вектор смещения (электрической индукции), т. е. смещение носило у него характер вспомогательного понятия.²⁾

В статье 1864 г. Максвелл ввел уравнение (119) в систему основных уравнений. Ныне это уравнение наряду с аналогичным для магнитных полей называют материальными уравнениями (constitutive relations). Их роль в течение многих лет недооценивалась, но, как уже указывалось выше, после метрологической реформы 2019 г. стало явным наличие именно в этих уравнениях константы электромагнитного взаимодействия, что собственно и является характерным признаком уравнений электродинамики.

Таким образом, расширенная система уравнений на основе уравнений из статьи Максвелла 1861 г. включает три векторных уравнения и одно скалярное, связывающие между собой четыре вектора – векторный потенциал \mathbf{A} , напряженности электрических и магнитных полей \mathbf{E} , \mathbf{H} , плотность тока \mathbf{j} , а также 2 скалярные величины – скалярный потенциал ϕ и плотность электрического заряда ρ . Как и в

¹⁾ См. уравнения (29) и (B) [Maxwell 1864/65, p. 481 и 482], а также [Maxwell 1873, p. 790]

²⁾ Характерно, что Максвелл первоначально выбирал в этом уравнении знак минус: из теории колебаний известно, что одним из условий колебаний является наличие возвращающей силы $F = -kx$.

случае минимальной системы, этих уравнений по критерию Максвелла было достаточно только для свободных полей (т.е. при отсутствии зарядов и токов). С современной точки зрения, эти уравнения образуют полную систему, поскольку заряды и токи рассматриваются ныне как заданные источники.

В дальнейшем Г. Герц взял за основу минимальную систему Максвелла без источников и экспериментально подтвердил существование свободных электромагнитных полей [Hertz 1884, Hertz 1889]. Расширенная система с потенциалами и напряженностями легла в основу «Теории поля» Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица (1941). Между тем, историческое развитие форм электродинамики вовсе не исчерпывается формами только с двумя напряженностями полей \mathbf{E} и \mathbf{H} . В период с 1862 г. по 1873 г. Дж.К. Максвелл выделил из множества уравнений электродинамики 1861 г. замкнутую систему уравнений. При этом Максвелл одновременно развивал систему понятий, вводя в систему новые физические величины – вектора индукций и токов, что привело к новым и, как оказалось в дальнейшем, более универсальным формам уравнений электродинамики.

3. Система уравнений электродинамики Максвелла 1864 г.

В 1864 г. Дж.К. Максвелл на основе расширенной системы уравнений 1861 г. (см. табл. 2) выделил уравнения, образующие замкнутую систему основных уравнений электромагнитного поля (General Equations of Electromagnetic Field) и представил их в докладе «Динамическая теория электромагнитного поля» в Лондонском Королевском обществе (текст доклада поступил в Королевское общество 27 октября и был зачитан 8 декабря 1864 г.). В 1864 г. была опубликована подробная аннотация (Abstract), а спустя полгода – полный текст статьи, состоящий из 116 пунктов [Maxwell 1864, 1865]. Основной целью доклада и статьи Максвелла было выделение основных уравнений электромагнетизма, составлявших замкнутую систему. Критерием системы для Максвелла являлось равенство числа независимых уравнений и неизвестных. Поэтому Максвелл включает в систему закон Ома, связывающий напряженность электрического поля \mathbf{E} и плотность тока \mathbf{j} .

Широко распространено утверждение, что максвелловская система 1864 г. состояла из 20 уравнений. Причем первым, кто это указал, был сам Максвелл: он трижды (один раз в аннотации и дважды в статье) прямо отметил, что систему

образуют двадцать уравнений (twenty equations), связывающих 20 переменных величин (twenty variable quantities). Каждая из 20 величин Максвеллом обозначалась, как это и было принято в то время, своим символом – из букв латинского и греческого алфавита, также он использовал прописные и строчные буквы (см. рис. 1). Однако, следует отметить, что ныне понятие quantity (физическая величина) используется в другом смысле, чем во времена Максвелла. В те времена еще не было понятия вектора и величиной называлась каждая компонента вектора, сейчас термин «величина» относится к вектору или тензору в целом, а не к их компонентам. Например, вектор напряженности электрического поля E – это одна величина, а не три. Поэтому с современной точки зрения систему уравнений Максвелла 1864/65 гг. образовывали 6 векторных величин (имеющих по три пространственные компоненты) и 2 скалярные величины, т. е. 8 величин. Примечательно, что для этих «двадцати величин» Максвелл использует именно 8 названий, а в расширенной аннотации Максвелл пишет о 6 наборах (sets) по три величины (т. е. о 6 векторах) и еще о 2 величинах (т. е. о двух скалярах). Эти величины были приведены Максвеллом в следующем сводном списке:

(70) In these equations of the electromagnetic field we have assumed twenty variable quantities, namely,

For Electromagnetic Momentum	F	G	H
„ Magnetic Intensity	α	β	γ
„ Electromotive Force	P	Q	R
„ Current due to true conduction	p	q	r
„ Electric Displacement	f	g	h
„ Total Current (including variation of displacement)	p'	q'	r'
„ Quantity of free Electricity	e		
„ Electric Potential	Ψ		

Рис.1. Список 6 векторных и 2 скалярных величин, входящих в систему уравнений электромагнетизма (фрагмент из статьи Дж.К. Максвелла 1865 г.)

В табл. 3 приведен список физических величин у Максвелла с указанием их современных названий и обозначений. Как видим, введение индексной формы записи компонент векторов значительно упростило бы запись физических величин и уравнений, но во времена Максвелла это еще не применялось.

Основные физические величины в статье Максвелла (1864/65) и их современные названия

Оригинальное название у Дж.К. Максвелла (1864/65)	Современное название (на англ. и рус.)
Electrical Potential Ψ (электрический потенциал)	Electric potential ϕ . Скалярный электрический потенциал
Electromagnetic Momentum (F, G, H) (электромагнитный импульс)	Magnetic vector potential $\mathbf{A} = (A_x, A_y, A_z)$. Векторный потенциал электромагнитного поля
Electromotive Force (P, Q, R) (электродвижущая сила)	Electric field $\mathbf{E} = (E_x, E_y, E_z)$. Напряженность электрического поля
Electric Displacement (f, g, h) (электрическое смещение)	Electric displacement field (electric induction) $\mathbf{D} = (D_x, D_y, D_z)$. Электрическая индукция (электрическое смещение)
Magnetic Intensity (Magnetic Force) (α, β, γ) (магнитная интенсивность, магнитная сила)	Magnetic field $\mathbf{H} = (H_x, H_y, H_z)$. Напряженность магнитного поля
Quantity of free Electricity e (количество свободного электричества)	[Electric] charge density ρ . Плотность электрического заряда
Electrical Currents (электрические токи) Current due to true conduction (p, q, r) Total Current (including variation of displacement) (p', q', r')	[Electric] current density (плотность электрического тока) Free current density $\mathbf{j} = (j_x, j_y, j_z)$ Плотность полного электрического тока $\mathbf{j}' = (j'_x, j'_y, j'_z)$

Таким образом с современной точки зрения в системе Максвелла 1864 г. было 8 физических величин, с помощью которых формулировалось, соответственно, 8 законов электромагнетизма (= 20 законов для компонент). Компактная векторная запись, как известно, в этот период еще не была принята и каждая компонента вектора обозначалась своим символом и для каждой компоненты записывалось отдельное уравнение, совершенно аналогичное по форме как и для других компонент. Таким образом, любое векторное уравнение записывалось как система трех уравнений для компонент. Такая форма была широко распространена вплоть до начала XX в., в том числе такую компонентную форму, на-

пример, использовал А. Эйнштейн в статье 1905 г. по теории относительности [*Einstein* 1905. S. 907]. Итак, с современной точки зрения в системе Максвелла 1864 г. было 6 векторных и 2 скалярных уравнения, т. е. 8 уравнений. Характерно то, что для обозначения законов Максвелл использовал *восемь* латинских букв: A, B, C, D, E, F, G и H (см. табл. 4).

Таблица 4

Система уравнений Максвелла 1864/65 гг.¹⁾

Уравнения из статьи [<i>Maxwell</i> 1864/65], в квадратных скобках указаны соответствующие уравнения из статьи 1861 г.	Современная форма
$\left. \begin{aligned} p' &= p + \frac{df}{dt}, \\ q' &= q + \frac{dg}{dt}, \\ r' &= r + \frac{dh}{dt}, \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{Equations of Total Currents.} \\ \dots \dots \dots \text{ (A)} \end{array}$ <p style="text-align: right;">[часть (112), <i>Maxwell</i> 1861]</p>	$j' = j + \frac{\partial D}{\partial t}$
$\left. \begin{aligned} \mu\alpha &= \frac{dH}{dy} - \frac{dG}{dz}, \\ \mu\beta &= \frac{dF}{dz} - \frac{dH}{dx}, \\ \mu\gamma &= \frac{dG}{dx} - \frac{dF}{dy}. \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots \text{ (B)}$ <p style="text-align: right;">[(55), <i>Maxwell</i> 1861]</p>	$\mu H = \text{rot} A$
$\left. \begin{aligned} \frac{dy}{dx} - \frac{d\beta}{dz} &= 4\pi p', \\ \frac{dx}{dz} - \frac{d\gamma}{dx} &= 4\pi q', \\ \frac{d\beta}{dx} - \frac{d\alpha}{dy} &= 4\pi r'. \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots \text{ (C)}$ <p style="text-align: right;">[часть (112), <i>Maxwell</i> 1861]</p>	$\text{rot} H = 4\pi j'$

¹⁾ Уравнения здесь приводятся в точности в такой форме, как и в статье Максвелла. Однако следует отметить, что при замене коэффициентов Максвеллом была допущена ошибка в знаке в одной из формул, что отмечалось, в частности, переводчиком этой статьи [*Максвелл* 1952. С. 663].

<p><i>Equations of Electromotive Force.</i></p> $\left. \begin{aligned} P &= \mu \left(\gamma \frac{dy}{dt} - \beta \frac{dz}{dt} \right) - \frac{dF}{dt} - \frac{d\Psi}{dx}, \\ Q &= \mu \left(\alpha \frac{dz}{dt} - \gamma \frac{dx}{dt} \right) - \frac{dG}{dt} - \frac{d\Psi}{dy}, \\ R &= \mu \left(\beta \frac{dx}{dt} - \alpha \frac{dy}{dt} \right) - \frac{dH}{dt} - \frac{d\Psi}{dz}. \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (D)$ <p style="text-align: right;">[(77), Maxwell 1861]</p>	$\mathbf{E} = -\mu[\mathbf{H}, \mathbf{v}] - \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \text{grad}\phi$
<p><i>Equations of Electric Elasticity,</i></p> $\left. \begin{aligned} P &= kf, \\ Q &= kg, \\ R &= kh. \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (E)$ <p style="text-align: right;">[(118), Maxwell 1861]</p>	$\mathbf{E} = k\mathbf{D}$
<p><i>Equations of Electric Resistance,</i></p> $\left. \begin{aligned} P &= -\xi p, \\ Q &= -\xi q, \\ R &= -\xi r. \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (F)$ <p style="text-align: right;">[Maxwell 1855/56, p. 53]</p>	$\mathbf{E} = -\sigma^{-1}\mathbf{j}$
<p><i>Equation of Free Electricity,</i></p> $e + \frac{df}{dx} + \frac{dg}{dy} + \frac{dh}{dz} = 0. \dots \dots \dots (G)$ <p style="text-align: right;">[(115), Maxwell 1861]</p>	$\rho + \text{div}\mathbf{D} = 0$
<p><i>Equation of Continuity,</i></p> $\frac{de}{dt} + \frac{dp}{dx} + \frac{dq}{dy} + \frac{dr}{dz} = 0. \dots \dots \dots (H)$ <p style="text-align: right;">[(113), Maxwell 1861]</p>	$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}\mathbf{j} = 0$

Таким образом, при формировании системы уравнений Максвелл опирался на расширенную систему уравнений с учетом потенциалов. Для своей системы Максвелл из статьи 1861 г. отобрал 4 векторных уравнения (55, 77, 112 и 118) и два скалярных (113, 115) (см. табл. 2), связывающих векторный потенциал \mathbf{A} , скалярный потенциал ϕ , напряженности электрического и магнитного полей \mathbf{E} и \mathbf{H} , вектор электрической индукции \mathbf{D} и источники – плотность электрического заряда ρ и плотность тока \mathbf{j} . Для полноты системы Максвелл добавляет закон Ома, связывающий вектора \mathbf{E} и \mathbf{j} , причем записывает его в форме с отрицательным знаком (уравнение F), что отражает его представления, что электро-

движущая сила уравновешивает силу сопротивления, пропорциональную скорости. Новацией по отношению к уравнениям 1861 г. было введение понятия полного тока (total current) и разделение уравнения (112) на три уравнения. Прямое использование вектора электрического смещения (электрической индукции) и введение коэффициента $k = -4\pi E^2$ упростило форму уравнений. С использованием современных векторных обозначений:

Уравнение (112) в статье 1861 г.
(в современной форме)

$$\mathbf{j} = \frac{1}{4\pi} \operatorname{rot} \mathbf{H} - k^{-1} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

Уравнения А, С и Е
в статье 1864/65
(в современной форме)

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{j}' = \mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (\text{Максвелл}) \\ \operatorname{rot} \mathbf{H} = 4\pi \mathbf{j}' \quad (\text{Эрстед и Ампер}) \\ \mathbf{E} = k\mathbf{D} \quad (\text{Фарадей и Моссотти}) \end{array} \right.$$

В расширенной аннотации Максвелл связывает уравнение (Е) с именем Фарадея, а уравнение (С) с именем Эрстеда, а введение тока смещения в уравнение (А) было, как известно, новацией самого Максвелла.

Как видим, в системе Максвелла 1864 г. отсутствует уравнение (54), связывающее напряженности \mathbf{E} и \mathbf{H} , выражающее уравнение электромагнитной индукции Фарадея (с современной точки зрения это совмещенная первая и третья пара уравнений Максвелла). Однако фактически это уравнение было учтено Максвеллом при выводе выражения для напряженности электрического поля \mathbf{E} через потенциалы и является в системе Максвелла 1864 г. избыточным.

Следует отметить, что уравнения Максвелла 1864 г. не были независимы. В частности, скалярные уравнения (G и H) следовали из остальных уравнений. Таким образом, 8 физических величин связывали 7 независимых уравнений. Однако, с современной точки зрения заряды и токи рассматриваются как заданные источники, а не как независимые величины, поэтому 6 уравнений (при исключении закона Ома как относящегося только к проводникам) оказывается вполне достаточно для полной системы.

Отличием этой системы от современной является то, что Максвелл еще не вводил обозначения для магнитной индукции \mathbf{B} , вместо нее он использовал напряженность магнитного поля \mathbf{H} , умноженную на магнитную проницаемость среды μ . Также в свою систему Максвелл включил закон Ома (уравнение F), что сейчас не принято. Также Максвелл ввел поня-

тие полного тока, которое хотя и не стало общепринятым, но вводится некоторыми авторами (М.-А. Тоннелла, А.Ф. Смык, Л.К. Мартинсон и др.), поскольку обладает хорошим математическим свойством – это поле соленоидально. Ныне ток смещения обычно сразу включается во вторую пару уравнений Максвелла.

Еще одним отличием являлось то, что Максвелл не включал в систему уравнения, которые называются «первой парой» (уравнения (54) из статьи 1861 г.). Причина этого заключалась в том, что они вытекали из определений электрических и магнитных полей через векторный потенциал и выполнялись математически тождественно. Однако уравнение (54), отражающее уравнение электромагнитной индукции Фарадея, оставалось скрытым ядром системы, что видно по статье 1868 г.

В шестой, заключительной части «Электромагнитная теория света» Максвелл вывел волновые уравнения для магнитной индукции и векторного потенциала и соотношение для скорости распространения электромагнитных волн, численное значение которого хорошо соответствовало величине скорости света.

4. Система уравнений электродинамики Максвелла для свободных полей (1868 г.)

В 1865 г. Максвелл уходит с преподавательской работы и целиком сосредотачивается на научных исследованиях, в том числе работе по динамической теории газов, теории теплоты и подготовке «Трактата об электричестве и магнетизме».

Система уравнений Максвелла 1868 г., как правило, не привлекает внимание историков науки, поскольку не была выражена им в виде формул, а только словесно, и относилась только к свободным полям без источников. Однако, на наш взгляд, ее полезно привлечь к анализу, поскольку она дает понимание, какие уравнения составляли ядро системы электродинамики Максвелла в 1860-е гг.

Сама статья 1868 г. появилась как ответ Максвелла на публикации в 1867 г. статей Б. Римана и Л. Лоренца по электромагнитной теории света. Риман на основе этой гипотезы записал волновое уравнение для скалярного потенциала (ранее такое же уравнение было у Г. Кирхгофа). Однако при жизни Римана эта статья, хотя и была им передана в журнал, но по каким-то причинам не была опубликована. В 1867 г., уже после смерти Римана, эта статья все же публи-

куется в журнале *Annalen der Physik und Chemie* вместе со статьей датского физика Л. Лоренца (Lorenz), также развивавшего электромагнитную теорию света [*Riemann* 1867, *Lorenz* 1867]. Обе эти статьи Римана и Лоренца в этом же 1867 г. были переведены на английский язык и опубликованы в журнале «*Philosophical Magazine*». На эти статьи и откликается Максвелл статьей 1868 г., указывая на свой приоритет в утверждении электромагнитной природы света в статье 1865 г. Высказав критические замечания в отношении идей Римана и Лоренца, Максвелл приводит в словесно-смысловой форме 4 теоремы (он также называет их принципами), на которых, по его мнению, должна основываться электромагнитная теория света. Это уравнение электромагнитной индукции Фарадея (связывающее поля **E** и **H**), уравнение электрической упругости Фарадея (линейно связывающее поля **E** и **D**), уравнение, вытекающее из открытия Эрстеда (связывающее плотность тока **j** и напряженность магнитного поля **H**) и уравнение, учитывающее, что плотность тока для свободных полей определяется током смещения (т. е. связывающее плотность тока **j** и поле **D**). Четвертое уравнение как раз и было основной новацией Максвелла, позволившей замкнуть всю систему. Приведем ниже формулировки этих законов Максвеллом.

«*Теорема А.* – Если нарисовать замкнутую кривую, охватывающую электрический ток, то интеграл напряженности магнитного поля, взятый вдоль замкнутой кривой, равен току, умноженному на 4π . Интеграл напряженности магнитного поля можно иначе определить как работу, совершаемую над единичным магнитным полюсом, полностью проходящим по замкнутой кривой». В математической форме это уравнение:

$$\oint_L \mathbf{H}dl = 4\pi I.$$

В Международной системе единиц СИ в правой части стоит просто величина тока.

«*Теорема В.* – Если проводящая цепь охватывает несколько линий магнитной силы, и если по какой-либо причине количество этих линий уменьшается, электродвижущая сила будет действовать вокруг цепи, полная величина которой будет равна уменьшению количества силовых линий магнитного поля в единицу времени. Число силовых линий магнитного поля может быть иначе определено как интеграл напряженности магнитного поля, перпендикулярной к по-

верхности, умноженный на элемент поверхности и на коэффициент магнитной индукции, причем интегрирование распространяется на любую поверхность, ограниченную проводящим контуром».

$$\oint_L \mathbf{E} d\mathbf{l} = \frac{\partial}{\partial t} \int_S (\mu \mathbf{H}) dS.$$

Как указывалось выше, это не что иное как первая пара уравнений Максвелла, которую с помощью теоремы Стокса

$$\oint_L \mathbf{E} d\mathbf{l} = \int_S \text{rot} \mathbf{E} dS$$

можно выразить в дифференциальной форме:

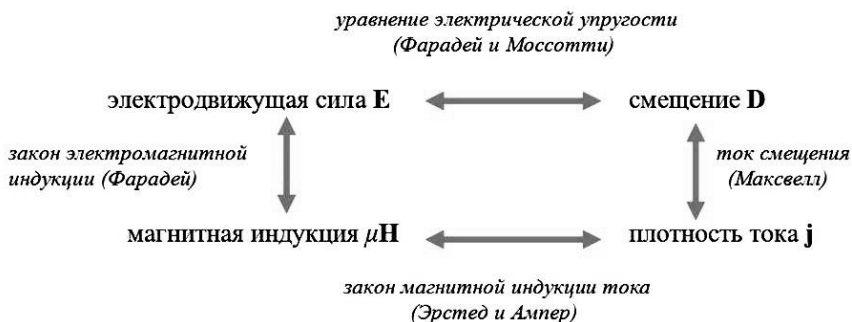
$$\text{rot} \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \mathbf{0}.$$

«Теорема С. – Когда на диэлектрик действует электродвижущая сила, он испытывает то, что мы можем назвать электрической поляризацией. <...> внутри диэлектрика происходит смещение электричества в направлении электродвижущей силы, величина этого смещения пропорциональна в каждой точке электродвижущей силе, а также зависит от природы диэлектрика». В математической форме это материальное уравнение для электрических полей: $\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E}$. В современной форме оно выглядит так:

$$\mathbf{D} = \epsilon \epsilon_0 \mathbf{E}.$$

«Теорема D. – Когда электрическое смещение увеличивается или уменьшается, это эквивалентно действию электрического тока в положительном или отрицательном направлении». В математической форме это уравнение: $\mathbf{j} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$.

**Схема четырех основных уравнений для свободных полей
(на основе статьи Максвелла 1868 г.)**



Вопрос о происхождении идеи тока смещения неоднократно обсуждался историками во второй половине XX в. Наиболее простое объяснение – согласование уравнения непрерывности и уравнения магнитостатики. Однако, как видим, возможно и другое объяснение – анализ уравнений для распространения свободных полей в вакууме, которые тоже должны составлять полную подсистему (что вытекало из гипотезы о электромагнитной природе света). Отметим, что в расширенной аннотации своего доклада 1864 г. (по сути дела – краткой статье) Максвелл, перечислив общий список уравнений, указал, что «эти уравнения основаны на фактах индукции токов, исследованных Фарадеем, Феличи¹⁾ и др., на действии токов на магнит, открытом Эрстедом, и на поляризации диэлектриков электродвижущей силой, обнаруженной Фарадеем и математически разработанной Моссотти» [*Maxwell* 1864, р. 534]. Как видим, это как раз те же три уравнения, указанные Максвеллом в статье 1868 г. (см. схему), которые образовывали полную систему при добавлении связи между векторами \mathbf{D} и \mathbf{j} . С такой точки зрения введение тока смещения было ответом на вопрос, чем определяется плотность тока при отсутствии свободных источников. Причем понять, какое соотношение связывает вектора \mathbf{D} и \mathbf{j} в этом случае, можно было из анализа их размерностей: $[\mathbf{D}] = \text{Q} / \text{L}^2$ и $[\mathbf{j}] = \text{Q} / (\text{L}^2\text{T})$.²⁾ Как видим, размерности этих величин отличаются на величину размерности времени T , и получить величину размерности плотности тока из величины смещения \mathbf{D} можно было продифференцировав его по времени.

5. Дж.К. Максвелл, «Трактат об электричестве и магнетизме» (1873)

В «Трактате об электричестве и магнетизме» (1873 г.) Максвелл сделал несколько важных новаций. Наряду с использованием покомпонентной записи уравнений (латински-

¹⁾ Рикардо Феличи (1819–1902) – итальянский физик, профессор Ун-та Пизы, ученик О.Ф. Моссотти и К. Маттеуччи, занимался математикой закона электромагнитной индукции Фарадея. Максвелл ссылается на его статьи в «Трактате» (см. п.536 [*Maxwell* 1873 2 169–170]), о Феличи см. [*Agastra* 2012].

²⁾ Такие их размерности, например, были приведены Максвеллом в «Трактате» (см. п. 623, [*Maxwell* 1873, 2, р. 241]).

ми буквами), он ввел обозначения для векторов (готическими буквами). Сами вектора стало возможным ввести благодаря открытию в 1843 г. У. Гамильтоном кватернионов, а их значение для физики Максвелл оценил после выхода книги П. Тэта [*Tait* 1867]. Однако Максвелл, как отмечает Н.В. Александрова, не использует сами кватернионы, а только скалярные и векторные части кватернионов по отдельности. Фактически он берет из теории кватернионов только то, что нужно для векторов и не более того и именно такой его подход в дальнейшем был развит О. Хевисайдом и Дж.У. Гиббсом в векторный анализ на основе обычного базиса [см. Александрова 2013. С. 76]. Векторная форма на основе кватернионного базиса позволила Максвеллу записать уравнения в более компактной форме. Максвелл таким образом стал первым, кто представил уравнения электродинамики в разных формах.

По сравнению с системой 1864 г. Максвелл исключил из системы уравнение непрерывности, вероятно, как избыточное (оно тождественно выполнялось из уравнений (E), (H) и (J)). Также им было введено символьное обозначение для вектора магнитной индукции **V**, и новая физическая величина – намагниченность **M** (впервые это понятие было введено в 1850 г. У. Томсоном, см. [*Уиттекер* 1910, с.264–265]). Максвелл отметил, что внутри вещества вектора **V** и **H** «следует тщательно различать» («they must be carefully distinguished», п. 404). Максвелл также указал на «важность магнитной индукции как физического понятия», поскольку когда магнитное поле создается движущимся источником, измеряется именно магнитная индукция **V**, а не магнитная сила **H** (п. 404). Далее Максвелл также отметил, что «мы дали вектору **V** название магнитной индукции, поскольку его свойства идентичны свойствам линий магнитной индукции, изученным Фарадеем» (п. 604).

Общее число уравнений у Максвелла увеличилось с 8 до 12 (он обозначил их буквами от (A) до (L)). Также еще два уравнения он не обозначил символами, однако привел их в сводном списке уравнений в конце главы. Это послужило основанием для переводчиков «Трактата» расширить его систему до 14 уравнений [*Левин и др.* 1989, с. 421–422].

Уравнения электродинамики в «Трактате» 1873 г.¹⁾

в компонентной форме	в векторной форме
Equations of Magnetic Induction $\left. \begin{aligned} a &= \frac{dH}{dy} - \frac{dG}{dz}, \\ b &= \frac{dF}{dz} - \frac{dH}{dx}, \\ c &= \frac{dG}{dx} - \frac{dF}{dy}, \end{aligned} \right\} \quad (A)$	$\mathfrak{B} = \nabla \mathfrak{H}$
$\left. \begin{aligned} P &= c \frac{dy}{dt} - b \frac{dz}{dt} - \frac{dF}{dt} - \frac{d\Psi}{dx}, \\ Q &= a \frac{dz}{dt} - c \frac{dx}{dt} - \frac{dG}{dt} - \frac{d\Psi}{dy}, \\ R &= b \frac{dx}{dt} - a \frac{dy}{dt} - \frac{dH}{dt} - \frac{d\Psi}{dz}. \end{aligned} \right\} \quad \begin{array}{l} \text{Equations of} \\ \text{Electromotive} \\ \text{Force.} \end{array} \quad (B)$	$\mathfrak{E} = \nabla \mathfrak{H} - \dot{\mathfrak{H}} - \nabla \Psi$
$\left. \begin{aligned} X &= vc - wb, \\ Y &= wa - uc, \\ Z &= ub - va. \end{aligned} \right\} \quad \begin{array}{l} \text{(Equations of} \\ \text{Electromagnetic} \\ \text{Force.)} \end{array} \quad (C)$	$\begin{aligned} \mathfrak{F} &= \nabla \mathfrak{E} \mathfrak{B} \\ \mathfrak{F} &= \nabla \mathfrak{E} \mathfrak{B} - e \nabla \Psi - m \nabla \Omega \end{aligned}$
$\left. \begin{aligned} a &= \alpha + 4 \pi A, \\ b &= \beta + 4 \pi B, \\ c &= \gamma + 4 \pi C. \end{aligned} \right\} \quad \text{(Equations of Magnetization.)} \quad (D)$	$\mathfrak{B} = \mathfrak{H} + 4 \pi \mathfrak{J}$
$\left. \begin{aligned} 4 \pi u &= \frac{d\gamma}{dy} - \frac{d\beta}{dz}, \\ 4 \pi v &= \frac{d\alpha}{dz} - \frac{d\gamma}{dx}, \\ 4 \pi w &= \frac{d\beta}{dx} - \frac{d\alpha}{dy}, \end{aligned} \right\} \quad \begin{array}{l} \text{(Equations of} \\ \text{Electric Currents.)} \end{array} \quad (E)$	$4 \pi \mathfrak{C} = \nabla \mathfrak{H}$
Equation of Electric Displacement (F)	$\mathfrak{D} = \frac{1}{4 \pi} K \mathfrak{E}$
Equation of Conductivity (G)	$\mathfrak{R} = C \mathfrak{E}$

¹⁾ Некоторые уравнения (линейные материальные уравнения) Максвелл выражал сразу в векторно-кватернионной форме, а некоторые, наоборот, представил только в компонентной форме. Знак \mathfrak{S} означал скалярное произведение, а ∇ – векторное произведение векторов.

Equations of True Currents $\left. \begin{aligned} u &= p + \frac{df}{dt}, \\ v &= q + \frac{dg}{dt}, \\ w &= r + \frac{dh}{dt}. \end{aligned} \right\}$	(H*)	$\mathfrak{C} = \mathfrak{R} + \mathfrak{D}$
True Current in terms of the Electromotive Force $\left. \begin{aligned} u &= CP + \frac{1}{4\pi} K \frac{dP}{dt}, \\ v &= CQ + \frac{1}{4\pi} K \frac{dQ}{dt}, \\ w &= CR + \frac{1}{4\pi} K \frac{dR}{dt}. \end{aligned} \right\}$	(I*)	$\mathfrak{C} = (C + \frac{1}{4\pi} K \frac{d}{dt}) \mathfrak{C}$
Volume-density of the free electricity $\rho = \frac{df}{dx} + \frac{dg}{dy} + \frac{dh}{dz}.$	(J)	$e = S \nabla \mathfrak{D}$
Surface-density of electricity $\sigma = lf + mg + nh + l'f' + m'g' + n'h',$	(K)	
Equation of Induced Magnetization (L)		$\mathfrak{B} = \mu \mathfrak{H}$
		Magnetic volume-density $m = S \nabla \mathfrak{J}$
		Magnetic force from a potential $\mathfrak{H} = -\nabla \Omega$

Приведем эти уравнения с использованием современных обозначений (в скобках указаны номера параграфов в «Трактате»). В результате введения «нового вектора» («new vector») магнитной индукции \mathbf{B} уравнение $\text{rot}\mathbf{A} = \mu\mathbf{H}$, которое фигурировало в статье Максвелла 1865 г., было разделено Максвеллом на два: $\mathbf{B} = \text{rot}\mathbf{A}$ (п. 591, уравнение (A), vol. 2, p. 215) и $\mathbf{B} = \mu\mathbf{H}$ (уравнение «индуцированной намагниченности» (equation of induced magnetization), (п. 614, уравнение (L), p. 233)). При этом уравнение $\mathbf{B} = \text{rot}\mathbf{A}$, как отметил Максвелл, носило характер математического определения \mathbf{B} , а уравнение $\mathbf{B} = \mu\mathbf{H}$ – линейного закона, имевшего характер гипотезы (его Максвелл записывает в следующей главе «Общие уравнения электромагнитного поля»).

В результате введения вектора \mathbf{B} изменилось и понятие «электродвижущей силы»: $\mathbf{E} = [\mathbf{v}, \mathbf{B}] - \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \text{grad}\phi$ (п. 598 и 599, уравнение (B), vol. 2, p. 221–222), из которой исчезла постоянная магнитной индукции μ , характеризующая магнитные свойства среды, т. е. определение \mathbf{E} стало универсальным. Максвелл также вводит понятие электромагнитной силы, отнесенной к единице объема проводника (electromagnetic force) $\mathbf{F} = [\mathbf{j}, \mathbf{B}]$, где \mathbf{j} – ток, текущий через проводник (п. 603, уравнение (C), p. 226), далее Максвелл привел общую формулу $\mathbf{F} = [\mathbf{j}, \mathbf{B}] + \rho\mathbf{E} - m \text{grad}\Omega$ (p. 237), где Ω – магнитный потенциал, там, где он существует», а m – «плотность магнитной “материи”», а также формулу $\mathbf{H} = -\text{grad}\Omega$, «когда магнитная сила может быть выведена из потенциала» (p. 238). В дальнейшем, последователи Максвелла О. Хевисайд, Х. Лоренц и др. стали определять напряженность поля для случая *покоя*, т. е. $\mathbf{E} = -\text{grad}\phi - \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}$, при этом сила взаимодействия стала определяться в классическом пределе формулой $\mathbf{F} = q\mathbf{E} + q[\mathbf{v}, \mathbf{B}]$, которая впоследствии стала называться силой Лоренца, хотя по сути она была еще у Максвелла.

В следующей главе «Общие уравнения электромагнитного поля», Максвелл свел воедино все основные уравнения, которые выводились им в «Трактате». Максвелл указывает, что из определения магнитной индукции следует, что $\text{div}\mathbf{B} = 0$, которое «как было показано в п. 403 является свойством (to be a property) магнитной индукции» (п. 604, vol. 2, p. 228 – покомпонентная запись), «это есть условие соленоидальности, которому всегда удовлетворяют составляющие магнитной индукции» (п. 403). Таким образом, Максвелл изначально ориентировался на соленоидальный характер магнитной индукции \mathbf{B} , и ввел определение $\mathbf{B} = \text{rot}\mathbf{A}$, чтобы выполнялось условие $\text{div}\mathbf{B} = 0$, которое он приводит, но не включает в систему общих уравнений.

В следующем параграфе этой же главы Максвелл вводит понятие намагниченности (the intensity of magnetization) \mathbf{M} и приводит уравнение $\mathbf{B} = \mathbf{H} + 4\pi\mathbf{M}$ (п. 605, уравнение (D), p. 228–229). Также Максвелл приводит уравнение «индуцированной намагниченности» (equation of induced magnetization) $\mathbf{B} = \mu\mathbf{H}$, где коэффициент магнитной проницаемости («magnetic permeability») μ «можно рассматривать либо как

скаляр, либо как векторную функцию, действующую на \mathbf{H} , в соответствии с тем, «изотропна среда или нет» (п. 614, уравнение (L), р. 233).

Далее Максвелл приводит «уравнения электрических токов» («equations of electric currents»), связывающие напряженность магнитного поля и истинный ток («true current»): $4\pi\mathbf{j} = \text{rot}\mathbf{H}$ (п. 607, уравнение (E), р. 231, покомпонентно), откуда вытекает уравнение $\text{div}\mathbf{j} = 0$. Это уравнение, как отмечает Максвелл, «указывает, что ток <...> подчиняется условию несжимаемой жидкости и с необходимостью должен протекать по замкнутым контурам» (р. 231). Истинный ток сейчас, как правило, не вводится, а максвелловское «уравнение истинных токов» («equation of true currents») $\mathbf{j} = \mathbf{j} + \partial_t \mathbf{D}$ (п. 610, уравнение (H), р. 233) прямо вводится в уравнение Максвелла (E), которое ныне вместе с уравнением $\text{div}\mathbf{D} = \rho$ (п. 612, уравнение (J), р. 233) составляет «вторую пару уравнений Максвелла». Далее Максвелл приводит «уравнение электрического смещения» («equations of electric displacement»), связывающее для изотропных веществ вектор электрического смещения \mathbf{D} и вектор напряженности электрического поля \mathbf{E} : $\mathbf{D} = \frac{K}{4\pi} \mathbf{E}$, где K – диэлектрическая

проницаемость вещества («dielectrical capacity of substance») (п. 608, уравнение (F), р. 232). В современной форме это материальное уравнение $\mathbf{D} = \varepsilon\mathbf{E}$ (в гауссовой системе) и $\mathbf{D} = \varepsilon\varepsilon_0\mathbf{E}$ (в СИ).

Максвелл, как и ранее, сохраняет в системе закон Ома («уравнение проводимости», «equation of conductivity») $\mathbf{j} = \sigma\mathbf{E}$ (п. 609, уравнение (G), р. 232). Ныне его не принято включать в систему основных уравнений электродинамики, оно рассматривается отдельно в рамках электротехники.

Еще двумя уравнениями были уравнение истинных токов («equation of true currents») $\mathbf{j} = \left(\sigma + \frac{K}{4\pi} \cdot \frac{\partial}{\partial t} \right) \mathbf{E}$ (п. 611,

уравнение (I), р. 233), которое на самом деле являлось комбинацией уравнений (F), (H) и (G), а также уравнение поверхностной плотности заряда, определяемое вектором электрического смещения \mathbf{D} и направляющими косинусами нормали, проведенной от поверхности в среду (п. 613, уравнение (K), р. 233).

Как видим, из 11 уравнений, обозначенных литерами, независимыми были 10, однако, как уже указывалось выше,

с современной точки зрения их было достаточно для полной системы, поскольку источники (заряды и токи) рассматриваются как заданные величины.

После записи этой системы 12-ти уравнений, в п. 617 Максвелл выводит уравнение, связывающие векторный потенциал \mathbf{A} и плотность «истинного тока» (true current) в форме уравнения Пуассона с использованием оператора Лапласа (при этом Максвелл использовал кулоновское калибровочное условие $\text{div}\mathbf{A} = 0$):

$$\nabla^2 \mathcal{A} = 4\pi\mu \mathcal{C}, \quad \mathcal{S} \cdot \nabla \mathcal{A} = 0$$

Такая форма соответствовала уравнению магнитостатики, но в правой части стоял не ток свободных зарядов \mathbf{j} , а «истинный ток» (сумма тока свободных зарядов и тока смещения). Таким образом, Максвеллу удалось представить уравнение электродинамики в точно такой же форме как и уравнение магнитостатики, но обобщив понятие тока.¹⁾ Отметим, что такая форма полностью соответствует современной форме уравнения классической электродинамики с точностью до калибровочного условия (Максвелл использовал кулоновскую калибровку $\text{div}\mathbf{A} = 0$ и 3-мерный оператор Лапласа, ныне используется калибровочное условие Лоренца-Кирхгофа $\frac{\partial\phi}{c^2\partial t} + \text{div}\mathbf{A} = 0$ и 4-мерный оператор Лапласа — оператор Даламбера).

В заключительном пункте этой главы Максвелл привел список физических величин:

	Symbol of Vector.	Constituents.
The radius vector of a point.....	ρ	$x \ y \ z$
The electromagnetic momentum at a point	\mathcal{A}	$F \ G \ H$
The magnetic induction	\mathcal{B}	$a \ b \ c$
The (total) electric current	\mathcal{C}	$u \ v \ w$
The electric displacement.....	\mathcal{D}	$f \ g \ h$
The electromotive force	\mathcal{E}	$P \ Q \ R$
The mechanical force	\mathcal{F}	$X \ Y \ Z$
The velocity of a point.....	\mathcal{G} or $\dot{\rho}$	$\dot{x} \ \dot{y} \ \dot{z}$

¹⁾ Уравнения релятивистской механики, как известно, тоже можно выразить в форме, аналогичной классической механике, но с использованием не 3-мерных, а 4-мерных величин и понятием собственного времени. Это показывает, что развивать физическую теорию можно не только обобщая уравнения с сохранением понятий, но и обобщая физические понятия при сохранении уравнений.

The magnetic force	§	α	β	γ
The intensity of magnetization	§	A	B	C
The current of conduction	§	p	q	r

We have also the following scalar functions :—

The electric potential Ψ .

The magnetic potential (where it exists) Ω .

The electric density e .

The density of magnetic 'matter' m .

и список 12 уравнений электродинамики в векторно-кватернионной форме. При этом уравнения (I) и (K) в него не вошли, но были включены еще два уравнения, связанные с магнетизмом (см. последние два уравнения табл. 5).

Выводы

1. В статье «О фарадеевых силовых линиях» Дж.К. Максвеллом были представлены в словесно-смысловой форме шесть основных законов, связывающих пять векторных и одну скалярную величину, основанные на экспериментальных открытиях Эрстеда, Ампера, Фарадея и др. Эти законы образуют систему, из них, в частности, можно получить первую пару уравнений Максвелла, однако они еще не описывали в целом всего круга электромагнитных явлений, в том числе не претендовали на описание света как электромагнитного процесса. В частности, «вторая пара» соответствовала еще магнитоэлектростатике и закон удовлетворял уравнению непрерывности только постоянного электрического тока.

2. В статье «О физических силовых линиях» Максвелл представил более 165 уравнений, в том числе еще один экспериментальный закон — поляризации диэлектриков — линейного соотношения между напряженностью поля и поляризацией, открытый М. Фарадеем и О.Ф. Моссотти. Этот закон Максвелл применяет к среде (эффиру), рассматривая его как разновидность диэлектрической среды. Это открывает возможность введения тока поляризации среды (тока смещения), в результате чего обобщается уравнение для магнитоэлектростатики. Это считается основной новацией Максвелла, открывшей путь к формированию системы уравнений электродинамики. При этом теория удовлетворяла общему уравнению непрерывности для несжимаемой жидкости и, кроме того, позволяла описывать свободные поля, что дало теоретическую основу для электромагнитной теории света. Из этих уравнений, как сейчас очевидно, можно было составить

минимальную (только с напряжениями) и расширенную (напряженности и потенциалы) системы уравнений электродинамики.

3. Первая система уравнений электродинамики была представлена Максвеллом в 1864 г. в докладе «Динамическая теория электромагнитного поля». Она включала, по словам самого Максвелла, 20 уравнений, связывающих 20 переменных величин. При этом Максвелл называл величиной (quantity) то, что сейчас называется компонентой, поэтому с современных позиций эта система состояла из 6 векторных и 2 скалярных уравнений. Характерно, что для них Максвелл использовал именно 8 литерных обозначений, а для величин – именно 8 названий. Максвелл ввел обозначение для вектора смещения, а также новую физическую величину – полный ток (total current), обладающий свойством соленоидальности. При формировании системы уравнений Максвелл руководствуется жестким критерием: все величины независимы, число уравнений должно точно равняться числу этих величин. Для удовлетворения этому критерию Максвелл включает в систему закон Ома. Однако в системе 1864 г. одно из скалярных уравнений (уравнение непрерывности) не являлось независимым от других, т. е. жесткому критерию Максвелла система, на самом деле, не удовлетворяла. Тем не менее, с современной точки зрения источники (заряды и токи) считаются заданными и поэтому система уравнений 1864 г. была вполне достаточной и даже избыточной. Ныне закон Ома как относящийся только к проводникам не включается в систему основных уравнений электродинамики. Также и уравнение непрерывности, как правило, не включается в систему, поскольку выполняется тождественно.

4. В статье 1868 г. при рассмотрении гипотезы электромагнитной природы света, которую помимо Максвелла выдвигали Б. Риман и Л. Лоренц, Максвелл представил в словесно-смысловой форме систему 4 основных уравнений для 4 векторных величин (электрическая и магнитная напряженности, вектора смещения и плотности тока) для случая свободных полей (т. е. без источников). Это показывает, что сама гипотеза об электромагнитной природе света могла иметь для Максвелла эвристическое значение для введения в 1861 г. тока смещения.

5. В «Трактате об электричестве и магнетизме» (1873) Максвелл представил систему из 12 уравнений, в том числе

по-прежнему включая в систему закон Ома. Уравнение непрерывности на этот раз было им исключено, очевидно как избыточное. Также Максвелл ввел символьное обозначение для вектора магнитной индукции. Одновременно Максвелл использовал векторные обозначения, введенные У. Гамильтоном в рамках кватернионов, что упрощало и форму уравнений. В результате, Максвеллом уравнения электродинамики были представлены в двух формах – в традиционной компонентной форме и в векторной форме на основе кватернионного базиса (квадраты ортов равны -1 , а не 1 , как для обычного базиса). Помимо этого, Максвеллом были выведены уравнения, связывающие потенциалы и источники, причем представлены в форме уравнений Пуассона, аналогичной по форме уравнениям электростатики и магнитостатики, но с введением в правой части понятия «истинного тока» (true current). Таким образом, с точки зрения этих уравнений, Максвелл сохранил уравнения электростатики и магнитостатики, просто обобщив понятие электрического тока с учетом тока смещения. В настоящее время понятие истинного (полного) тока, как правило, не вводится, а уравнения для потенциалов представляются в форме уравнения Даламбера.

Максвелл изначально, как он сам говорил в докладе 1855 г., не собирался выдвигать специальную физическую теорию, но в итоге сама система уравнений стала такой теорией. Успех Максвелла был обусловлен как его теорией познания, сформулированной в докладе 1855 г., так и применением различных математических моделей, обобщенных им с учетом уравнения непрерывности и гипотезы об электромагнитной природе света, которая сыграла важнейшую эвристическую роль. Теория Максвелла предсказывала новые физические соотношения между оптическими и электромагнитными константами и новые явления, такие как распространение электромагнитных волн, после подтверждения которых получила всеобщее признание.

Литература

- Agastra* 2012 – *Agastra E., Selleri S. J.C. Maxwell's Forerunners: Riccardo Felici // IEEE Antennas Propagation Magazine, Vol. 54, No. 3, 2012, p. 250–257.*
- Appel* 1922 – *Appel P. Ampère – mathématicien // Revue générale de l'électricité. 1922, novembre. P. 11–12.*
- Bork* 1967 – *Bork A.M. Maxwell and the vector potential // Isis, 1967, 58(2) p. 210–222.*

- Buchwald* 1977 – *Buchwald J.Z.* William Thomson and the Mathematization of Faraday's Electrostatics // Historical Studies in the Physical Sciences, 1977. V. 8, p. 101–136.
- Darrigol* 2000 – *Darrigol O.* Electrodynamics from Ampère to Einstein. – Oxford Univ. Press. – 532 p.
- Einstein* 1905 – *Einstein A.* Zur Elektrodynamik bewegter Körper // Ann. Phys., 1905. Bd. 322(10), 891–921.
- Gooding* 1980 – *Gooding D.* Faraday, Thomson, and the Concept of the Magnetic Field // The British Journal for the History of Science, 1980. Vol. 13, No. 2, p. 91–120.
- Hertz* 1884 – *Hertz H.* Ueber die Beziehungen zwischen den Maxwell'schen elektrodynamischen Grundgleichungen und den Grundgleichungen der gegnerischen Elektrodynamik // Ann. Phys. 1884. Bd. 23, 9, S. 84–103.
- Hertz* 1889 – *Hertz H.* Die Krafte elektrischer Schwingungen, behandelt nach der Maxwell'schen Theorie // Ann. Phys. 1889. Bd. 36, S. 1–22. Рус. пер.: Герц Г. Силы электрических колебаний, рассматриваемые с точки зрения теории Максвелла // Сб.: 50 лет волн Герца. Отв. ред. В.К. Аркадьев. – М.–Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1938. С. 92–119.
- Kats* 1979 – *Kats V.J.* The History of Stokes' Theorem // Mathematics Magazine, 1979. 52(3), p. 146–156.
- Kirghhoff* 1857a – *Kirchhoff G.* Ueber die Bewegung der Elektrizität in Drähten // Ann. Phys., 1857. Bd. 176 (2). S. 193–217. Перевод на англ.: *Kirchhoff G.* On the motion of electricity in wires // Phil. Mag., 1857, XIII, 88, 393–412.
- Kirghhoff* 1857b – *Kirchhoff G.* Ueber die Bewegung der Elektrizität in Leitern // Ann. Phys. 1857. Bd. 178 (12). S. 529–544.
- Lambert* 2010 – *Lambert K.* The uses of analogy: James Clerk Maxwell's "On Faraday's lines of force" and early Victorian analogical argument // Brit. J. Hist. Sci., 2010. V. 44(1), p. 61–88.
- Lorenz* 1867 – *Lorenz L.* Ueber die Identität der Schwingungen des Lichts mit den elektrischen Strömen // Ann. Phys., 1867, 207(6), 243–263.
- Maxwell* 1855/56 – *Maxwell J.C.* On Faraday's lines of force // Trans. Camb. Phil. Soc., 1864, X, 27–83. *Maxwell* 1890, vol. 1, 155–229.
- Maxwell* 1856 – *Maxwell J.C.* On Faraday's lines of force. [Abstract] // Phil. Mag., 1856, XI, 73, p. 404–405. XII, 79, p. 316–319.
- Maxwell* 1861 – *Maxwell J.C.* On physical lines of force. I. The theory of molecular vortices applied to magnetic phenomena // Phil. Mag., March 1861, XXI, 161–175. II. The theory of molecular vortices applied to electric currents // Ibid, April & May 1861,

- XXI, 281—291, 338—348. III. The theory of molecular vortices applied to statical electricity // *Ibid*, January 1862, XXIII, 12—24. IV. The theory of molecular vortices applied to the action of magnetism on polarised light // *Ibid*, January 1862, XXIII, 85—95. *Maxwell* 1890, vol. 1, p. 451—513. Рус. пер.: *Максвелл* 1952, с. 105—248.
- Maxwell* 1864/65 – *Maxwell J.C.* A dynamical theory of the electromagnetic field // *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, 1865, CLV, 459—512. Рус. пер.: *Максвелл* 1952, с. 249—341.
- Maxwell* 1868 – *Maxwell J.C.* On a method of making a direct comparison of electrostatic with electromagnetic force; with a note on the electromagnetic theory of light // *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.* for 1868, 1869, CLVIII, 643—657. *Maxwell* 1890, vol. 2, p. 125—143.
- Maxwell* 1870 – *Maxwell J.C.* Address to the Mathematical and Physical Sections of the British Association. Rep. Brit. Assoc., at Liverpool, September 1870, 1871, XL, 1—9. *Maxwell* 1890, vol. 2, p. 215—229.
- Maxwell* 1871 – *Maxwell J.C.* Remarks on the mathematical classification of physical quantities // *Proc. Lond. Math. Soc.*, 1871, III, 224—232. Рус. пер.: *Максвелл* 1968, с. 37—47.
- Maxwell* 1872, 1881, 1892 – *Maxwell J.C.* A Treatise on Electricity and Magnetism. Oxford, 1873. 2 vols. (Clarendon Press Series.) Preface dated: Feb. 1, 1873. 464 pp. 456 pp. Part 1. Electrostatics. Part 2. Electrokinematics. Part 3. Magnetism. Part 4. Electromagnetism. 1st ed., 1873. 2nd ed., 1881. 3d ed., 1892.
- Maxwell* 1890 – The scientific papers of James Clerk Maxwell. Edited by W.D. Niven. London and Edinburgh. Cambridge: at the University Press. 1890. 2 vols. I: 607 p.; II: 806 p.
- Neumann* 1846 – *Neumann F.E.* Allgemeine Gesetze der inducirten elektrischen Ströme // *Ann. Phys.* 1846. 143(1). S. 31—44.
- Riemann* 1867 – *Riemann B.* Ein Beitrag zur Elektrodynamik // *Ann. Phys.*, 1867, 207(6), 237—243.
- Sommerfeld* 1910 – *Sommerfeld A.* Zur Relativitätstheorie. I. Vierdimensionale Vektoralgebra // *Ann. d. Phys.* 1910. Bd. 32, № 9, S. 749—776.
- Tait* 1867 – *Tait P.G.* An Elementary Treatise on Quaternions. Clarendon Press, Oxford, 1867, 320 p.
- Thomson* 1842 – *Thomson W.* On the uniform motion of heat in homogeneous solid bodies, and its connexion with the mathematical theory of electricity // *Cambridge and Dublin Math. J.*, 1843, vol. III. P. 71—84. *Phil. Mag.*, 1854, 7(48), p. 502—515. *Thomson* 1882. P. 76—79.

- Thomson 1847 – Thomson W.* On a mechanical representation of electric, magnetic, and galvanic forces // Cambridge and Dublin Math. J., 1847, vol. II. P. 61–64. *Thomson 1882.* P. 76–79.
- Thomson 1851 – Thomson W.* A mathematical theory of magnetism // Phil. Trans. of the Roy. Soc. (London), vol. 141, p. 243–268.
- Thomson 1853 – Thomson W.* On the mechanical values of distributions of electricity, magnetism and galvanism // Phil. Mag., 1854, 7(44), p. 192–197. *Thomson 1882.* P. 521–533.
- Thomson 1882 – Thomson W.* Mathematical and Physical Papers. – Cambridge Univ. Press. Vol. 1. 558 p.
- Wise 1979 – Wise M.N.* William Thomson's Mathematical Route to Energy Conservation: A Case Study of the Role of Mathematics in Concept Formation // Historical Studies in the Physical Sciences, 1979. V. 10, p. 49–83.
- Wise 1981 – Wise M.N.* The Flow Analogy to Electricity and Magnetism, Part I: William Thomson's Reformulation of Action at a Distance // Archive for History of Exact Sciences. 1981. Vol. 25, No. 1, p. 19–70.
- Александрова 2013 – Александрова Н.В.* Из истории векторного исчисления. 2-е изд. – М.: Либроком, 2013. – 272 с.
- Белькинд 1968 – Белькинд Л.Д.* Андре-Мари Ампер. – М: Наука, 1968. – 278 с.
- Булюбаиш 1985 – Булюбаиш В.С.* Максвелл и электродинамика Вебера // Сб.: Максвелл 1985, с. 76–84.
- Визгин 1985 – Визгин В.П.* Потенциалы и напряженности в теории электромагнитного поля // Сб.: Максвелл 1985, с. 15–26.
- Дорфман 1979 – Дорфман Я.Г.* Всемирная история физики (с начала XIX до середины XX вв.). – М.: Наука, 1979. – 317 с.
- Зоммерфельд 1949 – Зоммерфельд А.* Электродинамика. – М.: ИЛ, 1958. – 504 с.
- Ландау, Лифшиц 1941 – Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теории поля. – М.-Л.: ГИТТЛ, 1941. – 284 с.
- Левин и др., 1989 –* Послесловие (редакторов перевода [М.Л. Левина, М.А. Миллера, Е.В. Суворова]), в кн.: Максвелл 1989, т. 2, с. 403–431.
- Максвелл, 1871 – Максвелл Дж.К.* О математической классификации физических величин // Максвелл Дж.К. Статьи и речи. – М.: Наука, 1968. С. 37–47.
- Максвелл, 1952 – Максвелл Дж.К.* Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. – М.: Гостехтеориздат, 688 с.
- Максвелл, 1968 – Максвелл Дж.К.* Статьи и речи. – М.: Наука, 1968. – 422 с.

- Максвелл, 1985* – Максвелл и развитие физики XIX-XX веков. – М.: Наука, 1985. – 248 с.
- Максвелл, 1989* – *Максвелл Дж.К.* Трактат об электричестве и магнетизме. / Пер. под ред. М.Л. Левина, М.А. Миллера, Е.В. Суворова. – М.: Наука, 1989, в 2-х т. Т.1: 415 с.; т. 2: 440 с.
- Маркчев, 1985* – *Маркчев Н.Т.* Сравнение различных форм уравнений Максвелла // Сб. *Максвелл 1985*, с. 84–95.
- Мартинсон, 2013* – *Мартинсон Л.К., Морозов А.Н., Смирнов Е.В.* Электромагнитное поле. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – 422 с.
- Смык, 2016* – *Смык А.Ф.* Курс физики. – М.: МАДИ, 2016. – 292 с.
- Томилин, 2019* – *Томилин К.А.* Уравнения электродинамики у Максвелла и Герца // Исследования по истории физики и механики. 2016–2018. – М: «Янус-К», 2019. С. 481–515.
- Тоннелла, 1962* – *Тоннелла М.-А.* Основы электромагнетизма и теории относительности. – М.: Изд-во ИЛ, 1962. – 483 с.
- Уиттекер, 1910* – *Уиттекер Э.* История теории эфира и электричества. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 512 с.

Г.Б. Малыкин
*ФГБНУ Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной физики РАН¹⁾*

РЕВИЗИЯ ТЕОРИЙ «СВЕТОНОСНОГО ЭФИРА» ГАНСОМ ВИТТЕ НАКАНУНЕ СОЗДАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Введение

В начале XX века, накануне создания специальной теории относительности (СТО), физики вели активные поиски выхода из тупика, который возник вследствие отрицательных результатов экспериментов Майкельсона–Морли [2], показавших практически полное отсутствие влияния движения «светоносного эфира» на распространение света. Исследователи шли в самых разных направлениях. Одно из этих направлений привело к созданию СТО.

М. Планк (1858–1947) в 1903 г. поручил своему аспиранту Гансу Витте (1881–1925) провести ревизию всех известных на то время теорий «светоносного эфира».

О научных результатах Г. Витте и его жизни почти ничего не было известно. Исключение составляют три весьма известные теоретические работы Г. Витте по эффекту Саньяка [3–5]. Однако недавно брауншвейгский историк науки Р. Фрике сумел обнаружить ряд документов о жизни и научной карьере Г. Витте и, что более важно, список его научных и публицистических трудов, а также некоторые из перечисленных в этом списке работ [6]. По просьбе автора Р. Фрике любезно прислал главные работы Г. Витте – две его монографии: по критическому анализу теорий «светоносного эфира» [7] и по СТО [8], а также ряд других документов.

Цель данной статьи проанализировать осуществленный Г. Витте замысел М. Планка по ревизии различных теорий «светоносного эфира» [7] и привлечь к ней внимание исследователей, а также рассмотреть некоторые работы Витте [3–5, 8], имеющие отношение к этому вопросу.

¹⁾ 603950, Нижний Новгород, Россия; E-mail: malykin@ufp.appl.sci-nnov.ru; grig-malykin@yandex.ru

1. Краткая биография Г. Витте

Ганс Герман Юлиус Витте родился 24 октября 1881 г. в небольшом городе Вольфенбюттель (герцогство Брауншвейг, Германская империя, в наст. время Нижняя Саксония, Германия). Его отец Иоханнес Генрих Теодор Витте (1832–1887) был директором школы и умер, когда Гансу было 6 лет. Дальнейшим воспитанием Ганса занималась его мать Берта (1849–1934), посвятившая сыну всю свою жизнь [6].

После окончания начальной школы, Г. Витте поступил в Вольфенбюттельскую гимназию, где обучался в 1891–1900 гг. Там он учился у весьма известных в то время немецких физиков Юлиуса Эльстера (1854–1920) и Ганса Гейтеля (1855–1923) [9, 10]. Эльстер и Гейтель работали вместе и занимались исследованием атмосферного электричества, проводимости газов, термоэлектронной эмиссии, фотоэффекта [11], катодных лучей, радиоактивности и в 1906 г. определили период полураспада полония [10]. Фактически именно они создали первый полупромышленный образец фотоприемника на внешнем фотоэффекте [12]. В 1904–1905 гг. и 1907–1911 гг. их совместно семь раз номинировали на присуждение Нобелевской премии за исследование радиоактивности [9, 10, 13]. Среди их номинаторов – Нобелевские лауреаты А. Байер (1835–1917), В. Вин (1864–1828) и Ф. Ленард (1862–1947) [10]. Ю. Эльстер и Г. Гейтель пробудили интерес юного Г. Витте к физике и математике. Он сохранил теплые личные отношения со своими учителями на долгие годы.

В 1900–1902 гг. в течение 5-ти семестров Г. Витте обучался в Гейдельбергском университете, а 1902–1905 гг. в течение 6-ти семестров в Берлинском университете кайзера Вильгельма, где преподавал М. Планк (1858–1947). В конце мая 1903 г. он получил от М. Планка тему для написания докторской диссертации. 18.03.1905 г. сдал «докторский экзамен», 8.06.1905 г. сдал устный экзамен М. Планку, П. Друде (1863–1906) и др. по физике, математике и философии. 29.07.1905 г. защитил диссертацию в Берлинском университете на соискание степени доктора философии по теме «О современном состоянии вопроса механического объяснения электрических явлений».

14.08.1905 г. Г. Витте выполнил и сдал два письменных экзаменационных задания для возможности преподавания в ВУЗах Брауншвейга: первое – «Концепция Шопенгауэра отношения между метафизикой и наукой», второе являлось

его диссертацией. 14–15.05.1906 г. он сдал устный государственный экзамен на профессию учителя философии, педагогики, математики и физики.

С 01.10.1906 г. по 30.09.1907 г. Г. Витте проходил срочную службу в кайзеровской армии как волонтер-одногодичник. В 1909, 1910 и 1911 гг. он призывался на двухмесячные военные сборы.

С 01.10.1908 г. по 30.09.1909 г. Г. Витте проходил испытательный срок в качестве подменного преподавателя в Вольфенбюттельской гимназии. С 01.10.1909 г. приступил к работе в качестве старшего преподавателя в средней школе Вольфенбюттельской гимназии. 18.03.1911 он получил должность приват-доцента по физике в техническом университете Брауншвейга.

02.08.1914 г. был призван в армию в звании лейтенанта, воевал в пехотном полку, участвовал в ряде боев на Западном фронте. 06.09.1914 г. во время Битвы на Марне Г. Витте получил тяжелейшее пулевое ранение в голову – он лишился глаза, была уничтожена часть головного мозга, лицо было обезображено. Врачи полагали, что он не выживет. Однако после пластической операции 22.09.1914 г. Г. Витте был переведен в военный госпиталь в своем родном Вольфенбюттеле, где его могла навещать мать. Г. Витте страдал от приступов головной боли, головокружения и обмороков. У него диагностировали церебральный паралич, а уцелевший глаз ничего не видел на нервной почве. Для стабилизации его высшей нервной деятельности и восстановления зрения был приглашен крупнейший голландский врач-эндокринолог Э. Лакер (1880–1947), который позднее открыл гормон тестостерон. Возможно, что Э. Лакер применил для



Ганс Витте до и после ранения

лечения Г. Витте этот тогда еще не апробированный гормон, поскольку терять было нечего. В 1915 г. Г. Витте был награжден Железным Крестом. В 1916 г. он был уволен с военной службы и признан негодным для преподавательской работы: он еще мог писать, но почерк его изменился до неузнаваемости. Однако лечение было успешным, и в 1917 г. ему было разрешено снова приступить к преподавательской деятельности. Он вернулся в Технический университет Брауншвейга и начал читать лекции по естественным наукам: аналитической механике, электромагнетизму и основам СТО. Однако эта деятельность неоднократно прерывалась периодами нетрудоспособности, и он был вынужден оставить работу.

В 1918 г. в составе Веймарской республики было образовано так называемое Свободное государство Брауншвейга с населением всего полмиллиона человек (просуществовало до 1946 г.). Министром Народного образования там был член СДПГ Отто Гротеволь (1894–1964, первый премьер-министр ГДР 1949–1964). В этом министерстве с 1918 г. Г. Витте, также член СДПГ, получил скромную должность школьного учителя в старших классах. 28.02.1923 г. его назначили директором большой средней школы с разрешением преподавать два учебных часа в неделю предмет «жизненные навыки». Но вечером 02.02.1925 г. Г. Витте внезапно почувствовал себя плохо – у него развился повторный церебральный паралич, – и он умер.

2. Макс Планк и диссертация Г. Витте. Первая монография Г. Витте

В письме от 10.06.1903, адресованном Ю. Эльстеру и Г. Гейтелю, Г. Витте пишет, что незадолго до Пятидесятницы он попросил у М. Планка тему для диссертации. Пятидесятница (в Православии День Святой Троицы) – 50-й день после Пасхи, которая в 1903 г. у католиков и протестантов приходилась на 12 апреля. Таким образом, в Германии в 1903 г. Пятидесятница приходилась на 1 июня. То, что Витте привязывает свой разговор с Планком не к календарной дате, а к церковному празднику, свидетельствует о его религиозности. Планк предложил ему рассмотреть вопрос о том, может ли существовать корректное описание уравнений Максвелла (УМ) в движущемся непрерывном эфире, чтобы установить, возможно это или нет. Работа, по словам М. Планка, предстояла трудная; главное, чтобы он (Витте) был заинтересован в этом вопросе. Витте согласился. Планк

даже переспросил его дважды после этого, и, по мнению Витте, он был совершенно прав. Планк сообщил ему, что на эту тему имеется не так много работ и потому просто необходимо выяснить, будет ли теория Максвелла выполняться хотя бы для одной модели эфира. Он также предупредил, что результат, вполне возможно, будет отрицательным.

Поставленная М. Планком перед Г. Витте задача была в то время весьма актуальной, поскольку аналогичные исследования Г.А. Лоренца [14] и Э. Уиттекера [15] в 1903 г. еще не были известны. Г.А. Лоренц осуществил анализ теорий эфира в устной форме, в процессе чтения курса лекций по теоретической физике в Лейденском университете в 1901–1902 гг., но впервые они были изданы только в 1927 г. на английском языке [14]. Первое однотомное издание монографии Э. Уиттекера [15] было опубликовано в 1910 г.

Витте горячо взялся за работу и с чисто немецкой пунктуальностью изучил все или почти все публикации по известным теориям механического «эфира». Он даже нашел и прочитал опубликованную на русском языке в научно-популярном журнале статью Д.И. Менделеева (1834–1907) [16]. Отметим, что Д.И. Менделеев занимался проблемой эфира с 1870-х гг. и представлял эту субстанцию как химический элемент нулевой группы. По предложению У. Рамзая (1852–1916) Менделеев даже включил его в свою знаменитую таблицу. По его оценкам, атомный вес эфира должен был находиться в пределах $5,3 \cdot 10^{-11}$ до $9,6 \cdot 10^{-7}$ от веса атома водорода¹⁾. Об этой работе Д.И. Менделеева см. [17].

Диссертация Г. Витте [18] пока не обнаружена, но в этом нет особой необходимости, поскольку, она представлена в первом разделе его монографии [7]. Как пишет Витте во Введении к [7]: «Первый раздел этой книги был напечатан уже в июле 1905 года в качестве докторской диссертации (*Inaugural-Dissertation*)». Из [7] можно заключить, что [18] представляла собой развернутое описание постановки задачи и результатов монографии [7]. Отметим, что в то время в Германии «*Inaugural-Dissertation*» представляла собой отпечатанный в типографии научный труд, по объему сопоставимый с современной отечественной кандидатской диссертацией. Например, «*Inaugural-Dissertation*» Ф. Гаппесса (1885–1915) [19], в которой ранее и независимо от [20, 21]

¹⁾ «отъ 0,000 000 96 до 0,000 000 000 053, если атомный вес $H = 1$ » [16. С. 36].

фактически был зарегистрирован эффект Саньяка, имела объем 6 п.л. «Inaugural-Dissertation» Г. Витте [18] имела объем всего 1,6 п.л. На современном языке это была «диссертация в виде научного доклада».

Объем данной работы не позволяет подробно проанализировать монографию Г. Витте [7], автор которой приходит к однозначному выводу о том, что ни одна из теорий «светоносного эфира» не может корректно описать уравнения Максвелла в движущемся эфире. Монография [7], с посвящением матери Витте, насчитывает 243 стр. и состоит из краткого Введения, в конце которого выражается благодарность М. Планку, 4-х частей (всего 96 параграфов) и списка цитируемой литературы из 96 наименований. Иллюстрации и вкладка со схемой классификации теорий эфира приводятся в конце [7].

Первая, часть монографии [7], т.е. фактически диссертация Витте [18], состоит из 11-ти параграфов и занимает 30 страниц. Вторая часть [7], посвященная рассмотрению теорий дальнего действия и запаздывающего потенциала, состоит из 2-х параграфов и занимает всего 3 страницы. Третья часть [7], посвященная рассмотрению эмиссионной теории света Ньютона (эмиссионной теории В. Ритца [22, 23] тогда еще не было), состоит из 2-х параграфов и занимает всего 2 страницы. Четвертая часть [7], посвященная рассмотрению различных волновых теорий эфира – это основная часть [7], состоит из 81-го параграфа и занимает 187 страниц. Всего Витте рассмотрел около ста теорий «эфира», принадлежащих более чем 60-ти различным авторам.

3. Классификация Г. Витте теорий «эфира»

Все существующие и возможные механические теории электрических явлений Г. Витте разделяет на два разряда: теории дальнего действия и теории воздействия поля. В свою очередь, теории дальнего действия он делит на два типа: мгновенное действие на расстоянии (В.Э. Вебер (1804–1891)) и теории, учитывающие время распространения – теории запаздывающего потенциала (Э. Вихерт (1861–1928)). Теории воздействия поля также делятся на два типа: эмиссионную теорию света (И. Ньютон (1643–1727)) и волновые теории света. И теорию дальнего действия, и эмиссионную теорию света Г. Витте находит непригодными для описания УМ.

Волновые теории и есть теории механического эфира. Они делятся на 6 основных типов:

1. Теории типа теории Ми (Г. Ми, (1868–1957)).
 2. Теории типа теории лорда Кельвина (У. Томсон (1824–1907), так называемый квазилабильный эфир).
 3. Теории типа теории Герца (Г. Герц (1857–1894), а также лорда Кельвина и Ж. Лармора).
 4. Теории типа теории Хельма (Г.Ф. Хельм (1851–1923), а также Л. Греча (1856–1941))
 5. Смешанные теории.
 6. Реверсированная теория Хельма.
- (Отметим, что две теории эфира – 5. и 6. – были предложены самим Г. Витте как в принципе возможные, но ошибочные.)

В свою очередь, теории типа лорда Кельвина делятся на четыре подтипа (подгруппы):

2.1. Теории О. Френеля (1788–1827), Дж. Грина (1793–1941), О.Л. Коши (1789–1857), И.Й. Лошмидта (1821–1895), теория собственно лорда Кельвина, Л. Больцмана (1844–1906), В. Фогта (1850–1919) и Л. Зильберштейна (1872–1948).

2.2. Группа теорий А. Зоммерфельда: теории Л. Эйлера (1703–1783), Дж. МакКуллага (1809–1847), Ф. Неймана (1798–1895), А. Зоммерфельда (1868–1951), Р. Рейффа (1855–1908), Дж Лармора (1857–1942) и Й. Заутера. Отметим, что Й. Заутер так же, как и А. Эйнштейн, окончил Цюрихский Политехникум, но на несколько лет раньше. Зав. кафедрой проф. Г.Ф. Вебер (1843–1912) оставил Заутера при кафедре в должности своего главного ассистента, а Эйнштейну он отказал не только в трудоустройстве, но даже в рекомендации. Позднее А. Эйнштейн и Й. Заутер одновременно работали в Патентном бюро в Берне, причем Й. Заутер имел существенно более высокий должностной оклад [24, 25]. В этот период они оба работали над одной темой – физической интерпретацией УМ и часто обсуждали эту проблему. Заутер горячо убеждал Эйнштейна не публиковать работу [26] по СТО [24], поскольку он искренне опасался за научную репутацию своего коллеги. В итоге Й. Заутер опубликовал статью с очередной, давно уже забытой теорией изотропного механического «эфира», наделенного свойством инерции [27], а Эйнштейн создал СТО [26]. Из вышесказанного следует, что наделенный ординарными способностями квалифицированный исследователь на начальном этапе научной карьеры более успешен, чем плохо управляемый погруженный в собственные идеи одаренный ученый.

2.3. Теории Г. Эберта (1861–1913), Р.Т. Глэйзбрука (1854–1935) и Дж.К. Максвелла

2.4. Теории Г. Ганкеля (1839–1873), Г.А. Лоренца и Л. Больцмана

Все волновые теории механического эфира Г. Витте также находят ошибочными.

Отметим здесь, что ряд физиков, принимавших участие в создании и развитии СТО: В. Фогт, Ж. Лармор, Г.А. Лоренц, А. Зоммерфельд, параллельно занимались и созданием различных теорий «эфира». Многие крупнейшие физики того времени участвовали в разработке теорий «эфира». Это свидетельствует о том, что до 1905 г. не было ясно, какая же из теорий приведет к нужному результату.

30 июня 1905 г., то есть за месяц до защиты диссертации Г. Витте [18], в редакцию журнала *Annalen der Physik* поступила рукопись статьи А. Эйнштейна [26]. В это время Главным редактором *Annalen der Physik* был П. Друде – основоположник современной кристаллографии и эллипсометрии, а его заместителем М. Планк, который занимался редактированием журнала и отвечал за статьи по теоретическим вопросам. М. Планк сразу оценил значимость работы А. Эйнштейна [26] и способствовал ее скорейшей публикации 26 сентября 1905 г. Известно, что М. Планк давал почитать рукопись работы А. Эйнштейна [26] некоторым физикам, например, А.Ф. Иоффе (1880–1960) еще до ее публикации. Таким образом, на момент защиты диссертации Г. Витте ведущим немецким физикам стало ясно, что ревизия различных теорий «светоносного эфира» в один день перестала быть актуальной: зачем это делать, если, как показал А. Эйнштейн [26], в самом существовании «эфира» нет никакой необходимости.

Если бы защита Г. Витте состоялась на месяц-полтора раньше, то не исключено, что этому одаренному и трудолюбивому молодому ученому нашлась бы должность преподавателя в одном из престижных немецких университетов. Но произошло то, что произошло: только через три с лишним года после защиты докторской диссертации Витте получил временную должность «подменного» школьного учителя и только почти через шесть лет должность приват-доцента в техническом университете Брауншвейга (см. раздел 1).

Следует отметить, что сам Г. Витте приложил все усилия, чтобы сообщить физическому сообществу о результатах своей диссертации [18] и монографии [7]. 20 сентября

1906 г. он доложил их на съезде немецких естествоиспытателей и врачей в Штутгарте. Этот доклад Г. Витте был опубликован в [28, 29]. В статье [30], объемом около 80-ти журнальных страниц, Г. Витте подробнейшим образом изложил результаты монографии [7].

4. Работы Г. Витте 1914 года

За свою короткую научную жизнь (примерно 9 лет – с 08.1905 по 07.1914, из которых 1,5 года ушли на службу в армии и военные сборы) Г. Витте опубликовал много статей и 2 монографии, в том числе 4 статьи в *Annalen der Physik*, 7 статей в *Physikalische Zeitschrift*, 8 статей в брауншвейгском журнале *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* и 1 статью в ежегоднике *Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik*. Но наиболее интересные и известные в физическом сообществе результаты были получены им в 1914 г., точнее говоря, за первые семь месяцев этого года.

Наиболее известные теоретические работы Г. Витте [3–5] по эффекту Саньяка [20, 21]. На результаты [3–5] ссылаются в большинстве обзоров посвященных эффекту Саньяка. Во второй половине 1913 г. Ж.М. Саньяк (1869–1928) обнаружил [20, 21], что во вращающемся кольцевом интерферометре возникает разность фаз встречных волн, пропорциональная угловой скорости вращения, площади интерферометра и обратно пропорциональная длине волны света (см. обзор [48, 50, 72–75].)

Сам Ж.М. Саньяк интерпретировал свои результаты [20, 21] как блестящее подтверждение существования «светоносного эфира». Это объяснение и оспорил Г. Витте. В работе [3] он показал, что эффект Саньяка находит объяснение в рамках СТО, а в [4, 5] – что этот эффект не находит последовательного объяснения в рамках теории «светоносного эфира» ([4]) и баллистической теории Ритца [22, 23] ([5]). Г. Витте заслуженно считается первым теоретиком-«саньяковедом». Следует отметить, что в [5] Витте ссылается на предшествующие работы А. Майкельсона [31] и М. фон Лауэ [32], в которых рассматривается сходная, но несколько отличная задача: вращение кольцевого интерферометра большой площади вместе с Землей. Отметим также, что Витте не были известны выполненные в Йенском университете эксперименты Ф. Гарреса (1885–1915) [19] с вращающимся кольцевым интерферометром, заполненным оптической средой.

Отметим также, что А. Эйнштейн [33] указал, что эксперименты Ф. Гарреса [19] подтверждают СТО.

В ходе работы над своей диссертацией [7, 18] Витте приобрел неограниченный опыт критического анализа огромного числа работ, посвященных различным теориям «эфира» и, кроме того, хорошо знал СТО. Поэтому сразу после публикации работ Саньяка [20, 21] он сумел дать им корректную физическую интерпретацию с точки зрения СТО.

В 1914 г. Г. Витте практически подготовил рукопись по материалам читавшихся им в Техническом университете Брауншвейга курса лекций по СТО [8]. Эта небольшая по объему книга – всего 84 стр. – является одним из лучших руководств по СТО того времени. Основной упор он делал на простоту и наглядность изложения материала. В [8] приводится фотография изготовленного им простого механического лекционного прибора, позволяющего демонстрировать студентам различие показаний часов находящихся в подвижных инерциальных системах отсчета (ИСО) на различных расстояниях от начала координат. В инерциальных системах роль «часов» играли 5 неподвижных циферблатов с часовыми стрелками и 5 таких же циферблатов, расположенных на движущейся планке. Стрелки «часов» приводились в движение различными шкивами.

Но когда Г. Витте вернулся с фронта, он был уже не в состоянии подготовить рукопись к печати и, по просьбе его матери, Г. Гейтель в ноябре 1914 г. выполнил окончательную редакцию и в том же году книга [8] была отпечатана.

Заключение

После своего частичного выздоровления в 1917 г. Г. Витте публиковал большое число работ в газетах и журналах – это были статьи, популяризирующие СТО, статьи о спорте, о религии, стихи и тексты песен патриотического содержания. [34].

Можно сказать, что научную карьеру Г. Витте погубила война. Но ему постоянно не везло: казалось бы, что его научным руководителем стал лучший физик того времени – Макс Планк. Но Планк дал Витте тупиковую тему диссертации – ревизию всех известных теорий «эфира». Пока Витте анализировал и классифицировал огромное число затхлых теорий «эфира», А. Эйнштейн успел создать СТО [26]. Если бы защита диссертации Г. Витте произошла на месяц рань-

ше, до публикации работы А. Эйнштейна [26], то, возможно, она произвела бы большое впечатление в научном мире и Г. Витте стал бы известным ученым. Он очень долго не мог найти даже позицию школьного учителя, а когда нашел место в Вольфенбюттельской гимназии, а затем в техническом университете Брауншвейга, то срочная служба в армии и многочисленные военные сборы отняли у него почти все отпущенное ему для научной работы время. А Битва на Марне навсегда лишила его возможности полноценно заниматься научной работой.

Автор выражает благодарность В.П. Визгину за ряд полезных замечаний, Э.Г. Малыкину, Я.В. Малыкиной, В.И. Поздняковой и Р. Фрике, за помощь в работе. Работа поддержана проектами по Государственному заданию № 0035-2019-0013 и № 0030-2021-0013.

Литература

1. *Максвелл Дж.К.* Трактат об электричестве и магнетизме. – М.: Наука. 1989. Т. 1. 416 с., Т. 2. 432 с. (Серия «Классики науки») [*Maxwell J.C. A Treatise on Electricity and Magnetism.* – N-Y: Dover Publications Inc. 1954. V. I. xxxii + 560 p.; V.II 512 p.]
2. *Michelson A.A., Morley E.W.* On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether // *Am. J. Sci. Ser. 3.* 1887. V. 34. P. 333–345.
3. *Witte H.* Der Sagnac-Effekt: ein Experimentum crucis zugunsten des Athers // *Verhandl. deut. Physik. Ges.* 1914. Bd. 16, H. 3. S. 142–150.
4. *Witte H.* Nochmals Der Sagnac-Effekt und Ather // *Verhandl. deut. Physik. Ges.* 1914. Bd. 16, H. 15. S. 754–755.
5. *Witte H.* Sagnac-Effekt und Emissionstheorie // *Verhandl. deut. Physik. Ges.* 1914. Bd. 16, H. 15. S. 755–756.
6. *Fricke R.G.A.* Hans Witte // www.rudolf-fricke.de/Witte.htm
7. *Witte H.* Ueber den gegenwaertigen Stand der Frage nach einer mechanischen Erklarung der elektrischen Erscheinungen Abschnitt Universitaetsdissertation. Berlin: Verlag von E. Ebering G.m.b.H. (1906)
8. *Witte H.* Raum und Zeit im Lichte der neueren Physik. – Braunschweig: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. 1914. iv + 86 S.
9. *Храмов Ю.А.* Физики. Биографический справочник. 2-е изд. / Под ред. А.И. Ахиезера. – М.: Наука. 1983. 400 с.
10. *Fricke R.G.A., Schlegel K.* Julius Elster and Hans Geitel – Dioscuri of physics and pioneer investigators in atmospheric electricity //

11. *Elster J., Geitel H.* Einige Demonstrationsversuche zum Nachweis einseitiger Electricitätsbewegung in verdunnten Gasen bei Anwendung gluhender Electroden. // *Annalen der Physik und Chemie.* 1889. Ser. III. Bd. 38. H. 9. S. 27–39.
12. *Elster J., Geitel H.* Die Proportionalitat von Lichtstarke und Photostrom in Alkalimetallzellen // *Physikalische Zeitschrift.* 1913. Bd. 14. S. 741–752.
13. *Вербин С.Ю.* Претенденты на Нобелевские премии по физике (1900–1966). // *Трибуна УФН* № 129. 2017.
14. *Lorentz H.A.* Aether theories and aether models. Lectures on Theoretical Physics delivered at university of Leiden. 1901–1902. V.1. / English translation L. Silberstein, A.P.H. Trivelli / ed. H. Bremekamp. – London: Macmillan & C° limited, 1927. 71 p.; [Лорентц Г.А. Теории и модели эфира / ред. А.К. Тимирязев, З.А. Цейтлин. – М.: ОНТИ НКТП СССР, 1936. 68 с.]
15. *Whittaker E.A.* History of the Theories of Aether and Electricity. 1-st edition. – Dublin: Longman, Green and C°. 1910. 475 p.; Reprints of 1-st edition – NY: Harper & Row, 1960; – NY: Humanities Press, 1973; – Miami: Book and Demand, 2016.
16. *Менделеев Д.И.* Попытка химического понимания мирового эфира» // *Вестник библиотеки самообразования*, 1903. № 1. С. 25; № 2. С. 83; № 3. С. 113; № 4. С. 161; Отдельное изд. Попытка химического понимания мирового эфира. – СПб: типолитография М.П. Фроловой, 1905. Стр. 5–40; Попытка химического понимания мирового эфира. – М.: Книга по Требованию. 2012. 40 с.; / в кн. *Менделеев Д.И.* Периодический закон.– М.: Изд. АН СССР. 1958. С. 470–517.
17. *Рязанцев Г.Б.* Проблема «нулевых» в работах Менделеева // *Наука и жизнь*, 2014. № 2. С. 76–80.
18. *Witte H.* Uber den gegenwartigen Stand der Frage nach einer mechanischen Erklarung der elektrischen Erscheinungen. Inaugural-Dissertation. (Universitas dissertation.) 1905.
19. *Harress F.* Die Geschwindigkeit des Lichtes in bewegten Korpern. Inaugural-Dissertation. Universitat Jena. 1912. 73 p.
20. *Sagnac G.* L'ether lumineux demontre par l'effet du vent relatif d'ether dans un interferometre en rotation uniforme // *Compt. Rend.* 1913. V. 157, N 17. P. 708–710.
21. *Sagnac G.* L'ether lumineux démontré par l'effet du vent relatif d'ether dans un interféromètre en rotation uniforme // *Compt. Rend.* 1913. V. 157, N 25. P. 1410–1413.

22. *Ritz W.* Recherches critiques sur l'électrodynamique generale // Ann. de Chim. et de Phys. 1908, Fevrier. Ser. 8, V. 13, P. 145–275.
23. *Ritz W.* Théories électrodynamiques de Cl. Maxwell et de H.-A. Lorentz // Arch. sci. phys. nat. de Geneva. 1908, Septembre. V. 26. P. 209–236.
24. *Френкель В.Я., Явелов Б.Е.* Эйнштейн: Изобретения и эксперимент. – М.: Наука. 1990. 239 с.
25. *Чертанов М.* Эйнштейн. Сер. ЖЗЛ. – М.: Молодая гвардия. 2015. 398 с.
26. *Einstein A.* Zur Elektrodynamik der bewegten Körper // Ann. der Phys. 1905. Bd. 17. S. 891–921. [*Эйнштейн А.* Собр. соч. Т. 1. – М.: Наука 1965. С. 7–35].
27. *Sauter J.* Zur Interpretation der Maxwell'schen Gleichungen des elektromagnetischen Feldes in ruhenden isotropen Medium // Ann. der Phys. 1901. Bd. 6. S. 331–338.
28. *Witte H.* Über den gegenwertigen Stand der Frage nach einer mechanischen Erklärung der elektrischen Erscheinungen Vortrag auf der Sitzung der physikalischen Abteilung der 78. Vers. Deutscher Naturf. und arzte in Stuttgart am 20. Sept. 1906 // Verhandl. deut. Physik. Ges. 1906. Bd. 8, H. 20. S. 497–510.
29. *Witte H.* auch (сокращ. Вар. ссылки 28) // Phys. Zeitschrift. 1906. Bd. 7. S. 779–785. + Diskussion 785–786.
30. *Witte H.* Weitere Untersuchungen über die Frage nach einer mechanischen Erklärung der elektrischen Erscheinungen unter der Annahme eines kontinuierlichen Weltethers // Annalen der Physik. 1908. Ser.4. Bd.26. S. 235–311.
31. *Michelson A.A.* Relative motion of Earth and aether // Philos. Mag. 1904. Ser. 6. V. 8, N 48. P. 716–719.
32. *фон Лауэ М.* Об одном опыте в оптике движущихся тел. // в кн. *Фон Лауэ М.* Статьи и речи. М.: Наука. 1969. С. 52–58. [*Laue M.* Über einen Versuch zur Optik der bewegten Körper. // Sitzungsberichte der math-phys. Klasse K.V. Akademie der Naturwissenschaften. S. 405–412. – München: 1911.]
33. *Эйнштейн А.* Замечания к статье П. Гарцера «Увлечение света в стекле и абберация» // Собр. соч. М.: Наука. Т. 1. 1965. С. 313–315. [*Einstein A.* Bemerkungen zu P. Harzers Abhandlungen "Über die Mitführung des Lichtes in Glas und die Aberrations" // Astron. Nach. 1914. Bd. 199. S. 8–10.]
34. *Witte Hans.* Publikationen.pdf (список публикаций Ганса Витте, частное сообщение R.G.A. Fricke автору. 2014 г.)

А.С. Сонин

*Институт элементоорганических соединений
им. А.Н. Несмеянова РАН*

ГАНС ЦОХЕР И ПРОБЛЕМА АСИММЕТРИИ КРИСТАЛЛОВ

1

В 2019 году исполнилось 50 лет со дня смерти выдающего немецкого физика Ганса Цохера. Его имя малоизвестно не только историкам науки, но и физикам. Однако это был выдающийся ученый, много сделавший в области физики кристаллов. Он наряду с О. Леманом (1855–1922), Ж. Фриделем (1865–1933), К. Озееном (1889–1944), В.К. Фредериксом (1885–1943), М. Франком и др. стоит в первом ряду основоположников науки о жидких кристаллах [1–5].

Цохер внес решающий вклад в открытие нового класса лиотропных жидких кристаллов, которые принято называть *минеральными жидкими кристаллами*. Это – дисперсии ряда неорганических нано- и микрокристаллов в различных растворителях. Цохер по праву считается одним из авторов так называемой концепции континуума, которая, в противовес теории роев, рассматривает жидкий кристалл как непрерывную анизотропную среду. Такой подход позволил описывать основные макроскопические свойства жидких кристаллов – упругость и поведение в электрических и магнитных полях.

В то же время в послевоенные годы Цохер много сделал в кристаллофизике, вводя в ее предмет понятие об асимметрии кристаллов. Это позволило по новому подойти к систематизации их физических свойств. Цохер прожил насыщенную различными политическими событиями жизнь, которая наложила свой отпечаток на его научные исследования.

2

Ганс Эрнст Вернер Цохер (рис.1) родился 27 апреля 1893 г. в Тюрингии, в Бад-Либенштейне, в самом центре

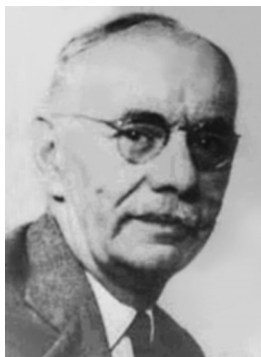


Рис.1. Ганс Цохер
(1893–1969)

Германии. Его отец был ботаником и во время прогулок знакомил сына с растениями и минералами Тюрингии, прививая ему вкус к научной наблюдательности. После школы в 1912–1914 годах Ганс изучал математику, физику и минералогию в университетах Лейпцига и Йене. Но началась Первая мировая война, и Цохер всего две недели принимал активное в ней участие, потому что был тяжело ранен в лицо. После выздоровления он учился в Берлинском университете, который окончил в 1919 г. Еще учась в университете, в 1917 г. стал Цохер ассистентом профессора Артура Розенгейма и под его руководством в 1920 году защитил докторскую диссертацию по исследованию коллоидных свойств солей оловянной и свинцовой кислот.

В 1922 г. Цохер начал работать ассистентом крупного ученого Герберта Фрейндлиха в Институте физической химии и электрохимии Кайзера Вильгельма в Берлине. Здесь он начал свои исследования органических жидких кристаллов и дисперсных и коллоидных растворов неорганических соединений

Цохер проработал в этом институте до 1931 г. Параллельно в 1926 году он был избран по конкурсу приват-доцентом Берлинского университета, а в 1930 году стал там экстраординарным профессором.

В 1931 году он был назначен на должность экстраординарного профессора физической химии и электрохимии в Высшую немецкую техническую школу в Праге, а в 1937 году стал полным профессором, директором Института физической химии и электрохимии при Высшей школе и деканом химического факультета.

Обстановка в конце 1930-х годов в Чехии была очень сложной. Правительство намеревалось закрыть немецкие высшие учебные заведения, уволить всех немецких профессоров, что вызывало большие волнения среди студентов. После захвата Чехии Германией в 1939 году эти попытки закончились. Но у Цохера начались другие проблемы – он был женат на еврейке и высказывался критически о нацизме. Поэтому власти потребовали его увольнения. В марте его

уволили из Высшей школы. Но Цохер продолжал работать на ее территории потому, что в это время он был техническим советником «Ассоциации химических и металлургических производств» и нескольких химических компаний, а экспериментальная работа этих компаний проходила в лабораториях Высшей школы. Этот период был очень продуктивным для Цохера – он опубликовал 17 работ, посвященных жидким кристаллам.

К сожалению, не сохранились документы, которые рассказали бы о жизни Цохера и его семьи в период с 1939 по 1945 год. Однако жизнь была тяжелая. После поражения Германии началось гонение на немецких профессоров и студентов. Были арестованы и отправлены в концлагеря около 1200 немцев, в том числе студентов и профессоров. Во время беспорядков были убиты около 30 профессоров-немцев. Выжившие профессора пытались устроиться в Австрии или в Германии. То же пытался сделать и Цохер, но неудачно. Но ему повезло – неожиданно от доктора Марио де Сильва Пинто пришло приглашение из Бразилии. Ему предлагалась должность директора Института минерального производства, который является департаментом Министерства сельского хозяйства. Это приглашение было поддержано А. Эйнштейном, Д. Франком и Р. Ланенбургом, которые свидетельствовали о его личных качествах, академических заслугах и демократических убеждениях.

Цохер прибыл в Рио-де-Жанейро в 1946 году. В 1951 году он был назначен руководителем Национального исследовательского совета Бразилии, а в 1952 году получил бразильское гражданство и стал полноправным членом Бразильской Академии наук. В 1964 году он получил премию Эйнштейна Академии за работы по исследованию формирования структур в золях.

В эти годы Цохер активно занимался кристаллофизикой [7–12]. Здесь его сотрудницей и соавтором была доктор Клара Тюрюк, сведения о которой пока не удалось найти.

3

Как известно, в кристаллофизике важнейшее значение имеет ее специфический метод – симметрия. Симметрия определяет физические морфологические свойства кристалла, т. е. присущие ему «от рождения» и физические свойства, вызванные внешними воздействиями. Конкретно сим-

метрия работает в соответствии с законами, установленными трудами великих кристаллофизиков: Ф. Нейманом (1798–1895), В. Фогтом (1850–1919), П. Кюри (1859–1906) и А.В. Шубниковым (1887–1970).

Для нас сейчас важнейшим является принцип диссимметрии Кюри. Наиболее точно его сформулировал Шубников [6]: «Характеристическая для того или иного явления симметрия есть максимальная симметрия среды, совместимая с существованием явления. Явление может существовать в среде, которая обладает либо характеристической симметрией, либо одной из ее подгрупп. Иначе говоря, некоторые элементы симметрии среды могут сосуществовать с явлением, но они не являются обязательными. Обязательными являются лишь отсутствие некоторых элементов симметрии. Это она – диссимметрия – творит явления» [6. С. 593].

Для пояснения Шубников приводит такой пример. Пироэффект возможен лишь в кристаллах с характеристической симметрией ∞t или одной из ее собственных подгрупп: 1, 2, 3, ... t , $2t$, $3t$, ... Общее для этих групп – отсутствие элементов симметрии, устраняющих пироэффект. Это – центр симметрии, поперечная осям плоскость симметрии и т. п. Совокупность всех потенциально возможных, но отсутствующих элементов симметрии и есть диссимметрия, «творящее явление» – пироэффект.

Отсюда следует естественный вывод – симметрия означает равновесное состояние кристалла и отсутствие его реакций на внешние воздействия, а диссимметрия приводит к различным физическим эффектам в кристаллах.

По Цохеру, таким же активным началом, определяющим реакцию тела на различные физические воздействия, является асимметрия.

Чтобы охарактеризовать кристаллы с точки зрения их асимметрии, он рассмотрел асимметрию главных осей кристаллов. Их оказалось пять: простая анизотропия, полярность, циркулярность, энантиоморфизм и триасимметрия. Схематически они изображены на рис.2.

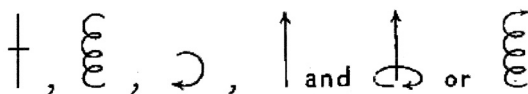


Рис.2. Схематическое изображение типов асимметрии: простая анизотропия, энантиоморфизм, циркулярность, полярность и триасимметрий [10]

Простая анизотропия это самая низкая степень асимметрии. Ее действие в одном и в противоположном направлении одинаково, но имеет противоположную направленность. Например – сила растяжения кристалла в определенном и в противоположном направлении равны, но имеют противоположную направленность.

Полярность означает, что какое-то направление имеет иные свойства, чем противоположное. Например – спонтанная электрическая поляризация кристалла. Полярность удобно изображать полярным вектором.

Циркулярность означает, что поворот в одну сторону имеет иные свойства по сравнению с поворотом в противоположном направлении. Например – намагниченность. Ее удобно изображать аксиальным вектором.

Энантиоморфизм представляет собой разницу между двумя сочетаниями направления и вращения, в результате которой образуются два различных геликоида. Например – циркулярно поляризованный свет. Обычно энантиоморфизм описывается аксиальным тензором.

Цохер считает, что эти четыре рассмотренных типа асимметрии имеют одно-, двух- и трехмерный характер. Они могут быть названы переносом, вращением и винтовым движением, и их можно квалифицировать как последовательное усложнение асимметрии. При этом полярность и циркулярность всегда требуют анизотропии и только энантиоморфизм совместим с изотропностью. В свою очередь только циркулярность – единственный тип асимметрии, совместимый с центром симметрии.

И, наконец, пятый тип асимметрии, который Цохер назвал *триасимметрией*, означает, что полярность, циркулярность и энантиоморфизм, присутствуют одновременно.

В таблице приведены элементы симметрии, совместимые и несовместимые с рассмотренными типами асимметрии. Значок (+) означает, что данный элемент симметрии может присутствовать, а значок (–) запрещает этот элемент симметрии. Последний значок не означает, что такие элементы симметрии имеются на самом деле – их присутствие или отсутствие не будет рассматриваться при анализе данных типов асимметрии.

	Продольные плоскости симметрии	Поперечные оси второго порядка	Продольные оси
Анизотропия	+	+	+
Полярность	+	-	-
Энантиоморфизм	-	++	-
Циркулярность	-	-	+
Триасимметрия	-	-	-

Таким образом, запрещенными элементами симметрии являются плоскости симметрии, параллельные рассматриваемому направлению, оси симметрии, перпендикулярные этому же направлению, и оси, параллельные этому же направлению. В последние включаются плоскости симметрии, перпендикулярные рассматриваемому направлению, и центр симметрии.

Цохер рассмотрел и асимметрию элементов симметрии во всех 32 кристаллографических группах. На рис.3, в качестве примера, приведена таблица с указанием соответствующих главных осей этих групп. При этом кристаллографические группы здесь классифицированы по типам асимметрии: анизотропии, энантиоморфизма, циркулярности, полярности и триасимметрии. Отдельно выделены две группы с инверсионными осями.

System	Hauptgruppe					Nebengruppe	
	Asymmetrie						
	nur anisotrop	enantio-morph	zirkular	polar	triasym-metrisch	nur anisotrop	zirkular
Regulär	$O_h; 4 \cdot 3e$	$O; 4 \cdot 3e$	$T_k; 4 \cdot 3c$	$T_d; 4 \cdot 3p$	$T; 4 \cdot 3t$		
Hexagonal	$D_{6h}; 6a$	$D_6; 6e$	$C_{6h}; 6c$	$C_{6v}; 6p$	$C_6; 6t$	$D_{3k}; \bar{6}a$	$C_{3h}; \bar{6}c$
Tetragonal	$D_{4h}; 4a$	$D_4; 4e$	$C_{4h}; 4c$	$C_{4v}; 4p$	$C_4; 4t$	$D_{3d}; \bar{4}a$	$S_4; \bar{4}c$
Trigonal	$D_{3d}; \bar{3}a$	$D_3; 3e$	$C_{3i}; \bar{3}c$	$C_{3v}; 3p$	$C_3; 3t$		
Digonal	$D_{2h}; 2a$	$D_2; 2e$	$C_{2h}; 2c$	$C_{2v}; 2p$	$C_2; 2t$		$\bar{C}_s; \bar{2}c = 1p$
Monogonal			$C_i; \bar{1}c$		$C_1; 1t$		

Рис.3. Таблица, показывающая классификацию 32 групп кристаллографической симметрии (международные обозначения) по типам асимметрии: **a** – анизотропия, **e** – энантиоморфизм, **c** – циркулярность, **p** – полярность, **t** – триасимметрия [9]

По его мнению, введение понятия асимметрии вносит новое в понимание физических явлений в кристаллах. Так, в отличие от симметрии, асимметрия обладает свойством аддитивности. Например, в случае кристаллов с циркулярной асимметрией может появиться энантиоморфизм (оптическая активность), обусловленный полярным влиянием, в частности, электрическим полем. Аналогично, полярность возникает, когда кристалл с циркулярной асимметрией испытывает воздействие энантиоморфизма. Отсюда следует, что можно ожидать возникновение электрической поляризации, когда кристалл с циркулярной асимметрией подвергается крутящему воздействию. Циркулярная асимметрия вызывает энантиоморфизм в полярных кристаллах, а энантиоморфизм является причиной циркулярности у таких кристаллов. Кроме того энантиоморфные кристаллы должны стать полярными в присутствии циркулярного влияния и циркулярными в результате полярного воздействия.

Однако вероятность появления полярных эффектов в энантиоморфных кристаллах под действием магнитного поля невелика. Аналогичным образом, невелика вероятность возникновения магнитного момента при полярном влиянии на энантиоморфные кристаллы или при энантиоморфном воздействии на полярные кристаллы. Однако это не относится к ферромагнитным кристаллам. Поэтому в случае диамагнитных и парамагнитных кристаллов можно ожидать только возникновение анизотропии, а не циркулярности.

Отдельно Цохер рассмотрел оптическую асимметрию [11]. Здесь он, вопреки общепринятой мере оптической анизотропии – двупреломлению, предложил рассматривать осциллятор, который может совершать колебания только в одной плоскости. Тогда в качестве оптической анизотропии он рассмотрел осциллятор, который совершает винтовые колебания. И с этой точки зрения Цохер рассмотрел взаимодействие анизотропии и энантиоморфизма в кристаллах.

Понятие об асимметрии Цохер распространил и на жидкие кристаллы [10]. Для всех жидких кристаллов характерна анизотропия. Энантиоморфизм обусловлен хиральностью молекул и типичен для холестериков. Смектические фазы могут проявлять полярность, а циркулярность не проявляется в жидких кристаллах. В нематиках, по мнению Цохера, полярность мало вероятна, а пиро- и пьезоэффекты *«не только неизвестны, но и очень невероятны»* [10. С. 165].

Введение в кристаллофизику понятия асимметрии, естественным образом привели Цохера к мысли рассмотреть роль симметрии и асимметрии времени [12]. Он писал: *«Симметрия по времени должна быть инвариантной относительно преобразований временной координаты. Преобразование может состоять в сдвиге ($t' = t + t_0$) или инверсии времени ($t' = -t$), которое можно обозначить как изменение времени или отражение времени. Инверсия времени – это та же операция, что и воспроизведение кинофильма в обратном направлении. Акт инверсии – это не физический факт, а изучение противоположного хронологического порядка одних и тех же предметов <...> В дальнейшем мы будем иметь дело с инверсией времени, а не с измерением оси времени. Мы будем говорить о временной симметрии, если инверсия времени не влияет на знак величины, подлежащей обращению. Величины линейных или вращательных скоростей являются асимметричными по времени, а кристаллическая структура – временной симметрией»* [12, с. 681].

В качестве примера Цохер рассмотрел пьезо- и пироэлектрические и пьезо- и пиромагнитные эффекты. Известно, что электрическое поле описывается полярным вектором и оно симметрично по времени и пространственно-асимметрично. Магнитное поле описывается аксиальным вектором и оно асимметрично по времени и пространственно-симметрично. Последнее асимметрично по времени вследствие природы магнитного поля (круговое движение электронов), которое меняет знак при отражении в плоскости, перпендикулярной главной оси.

Еще один пример – попытки Фогта экспериментально найти анизотропию круговой проводимости кристаллов: проводимости по часовой стрелке и против должны быть разными. Цохер показал, что этого не может быть. Круговая проводимость является асимметричной по времени, а кристаллическая структура по времени симметрична. Поэтому она не может вызвать асимметричную по времени проводимость. Такой эффект может быть только в системе с асимметричной по времени круглостью – механическим или электрическим вращением.

Рассмотренные выше работы Цохера очень интересны. Попытка введения в кристаллофизику понятия об асимметрии позволило по-новому взглянуть на проблему связи структуры кристаллов с их физическими свойствами. По Цохеру, *«асимметрия творит явления»*. Особенно это важ-

но при рассмотрении физических эффектов, возникающих при воздействии внешних сил.

Однако развитие цохеровских идей асимметрии, к сожалению, не последовало. И причина понятна – слишком абстрактными представляются типы асимметрии по сравнению с понятными элементами симметрии кристаллов. Особенно тогда, когда стали понятными принципы суперпозиции симметрии, сформулированные Шубниковым.

Что же касается введения и использования понятия асимметрии времени, то здесь, в кристаллофизике, еще многое не ясно и, наверное, в квантовой теории эти идеи будут более полезны.

Литература

1. *Reitstotter J.* Hans Zocher zu seinem 70. Geburtstag am 27 april 1963 // *Kollid-Zeitsch. Zeitsch. Poymmer.* 1963. Bd. 190. S. 1–2.
2. *Sluckin T., Dunmur D., Stegemeyer H.* Crystals that flow. – L.: Taylor and Francis, 2004. 738 p.
3. *Demus D.* Hans Zocher (1893–1969): Chemiker und emigrant // *Mitteilungen. Gesellschaft Deutscher Chemiker / Fachgruppe Geschichyte der Chemie.* 2005. Bd. 18. S. 176–185.
4. *Сонин А.С.* Жидкие кристаллы: первые сто лет. Книга 1. – М.: URSS, 2014. 298 с.
5. *Сонин А.С., Чурочкина Н.А.* Ганс Цохер и жидкие кристаллы // *Жидкие кристаллы и их практическое использование.* 2019. Т. 19. С. 16–43.
6. *Шубников А.В.* О работах Пьера Кюри в области симметрии // *Успехи физических наук.* 1956. Т. 59. Вып. 4. С. 501–602.
7. *Zocher H.E.W., Török C.* The asymmetry of crystals // *Brazil. Ministerio agr. Dept. nacion. producal mineral, Lab. producao mineral. Boletim.* 1947. № 26. P. 97–114.
8. *Zocher H.E.W., Török C.* Asymmetry of crystals // *Anais da Academia Brasileira de Ciencias.* 1948. V. 20. P. 143–149.
9. *Zocher H.E.W.* Unter mitwirkung von Török C. Raumliche und zeitlicheasymmetriebetrachtungen in der physic, insbesondere der kristallphysik // *Zeit. Physik.* 1954. B. 139. S. 147–162.
10. *Zocher H.E.W.* Some topics of liquid crystals yet to be discussed // *Mol. Cryst. Liquid Cryst.* 1969. V. 7. P. 165–180.
11. *Zocher H.E.W., Török C.* Die optischen asymmetrien // *Zeit. Physik.* 1955. B. 142. S. 602–618.
12. *Zocher H.E.W., Török C.* About space-time asymmetry in the realm of classical general and crystal physics // *Proc. National Acad. of Sci. USA* // 1953. V. 39. P. 681–686.

П.Н. Антонюк

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Механико-математический факультет*

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА: ИСТОРИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ВЗГЛЯД (дополнение)

В настоящей работе, которая дополняет статью [1], предлагается простой вывод знаменитой формулы Больцмана, а также рассматривается закон Амага, двойственный закону Дальтона. Все обозначения общеприняты.

1. Формула Больцмана. Энтропия и вероятность

Австрийский физик Людвиг Больцман (1844–1906) в рамках статистической физики установил прямую пропорциональность между энтропией и логарифмом вероятности [2]:

$$S \sim \ln W.$$

Позднее немецкий физик Макс Планк (1858–1947) [3] ввел коэффициент k и записал соотношение Больцмана в виде

$$S = k \ln W. \quad (1)$$

Планк назвал постоянную величину k именем Больцмана и нашел ее численное значение. Формула (1), о которой пойдет речь, высечена на памятнике Больцману, установленном на его могиле в Вене.

Пусть для некоторой термодинамической системы энтропия S связана с термодинамической вероятностью, или статистическим весом макроскопического состояния, W формулой

$$S = f(W),$$

где функцию f предстоит определить. Для двух независимых подсистем (первой и второй) получим зависимости

$$S_1 = f(W_1), S_2 = f(W_2).$$

Для системы, объединяющей две подсистемы, будут верны формулы

$$S = S_1 + S_2, W = W_1 \cdot W_2.$$

Из пяти предыдущих формул следует функциональное уравнение

$$f(W_1) + f(W_2) = f(W_1 \cdot W_2).$$

Огюстен Луи Коши (1789–1857) доказал [4], что общее решение функционального уравнения

$$f(x) + f(y) = f(xy) \quad (2)$$

в классе непрерывных функций имеет вид

$$f(x) = a \ln x,$$

откуда находим

$$S = a \ln W. \quad (3)$$

Рассмотренный вывод логарифмической зависимости энтропии от вероятности принадлежит Планку [3. С. 172–173]. Отметим, что Энрико Ферми (1901–1954), излагая в своей интересной и важной книге вывод формулы (1) методом Планка [5. С. 56], ошибается и получает неправильное решение

$$S = a \ln W + \text{const.}$$

Действительно, из уравнения (2) следует равенство $f(1) = 0$, откуда $\text{const} = 0$. Но ни Планк, ни Ферми не знали о решении, полученном Коши, и решали функциональное уравнение (2) самостоятельно.

2. Формула Больцмана. Значение постоянной a

Посмотрим, как работает формула (3) на примере идеального газа, характеризуемого набором переменных (T, P, V, N) . Из первого начала термодинамики

$$dQ = dU + PdV$$

и определения энтропии

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

следует формула

$$dS = \frac{1}{T} dU + \frac{P}{T} dV.$$

Планк показал [3. С. 52–53], что последнее равенство является полным дифференциалом.

Следовательно,

$$\frac{\partial S}{\partial V} = \frac{P}{T}. \quad (4)$$

Пусть V – объем газа, V_0 – минимальное значение объема газа для данного числа молекул. Вероятность попадания молекулы в объем V равна V / V_0 . Вероятность попадания N молекул в объем V имеет вид:

$$W = (V / V_0)^N, W \geq 1.$$

Следовательно,

$$\frac{\partial}{\partial V} \ln W = \frac{\partial}{\partial V} \ln(V / V_0)^N = \frac{N}{V}. \quad (5)$$

Продифференцируем теперь уравнение (3) по V . Воспользуемся формулами (4) и (5). В результате получим

$$\frac{P}{T} = a \frac{N}{V} \text{ или } \frac{PV}{NT} = a.$$

Уравнение состояния идеального газа [1]

$$\frac{PV}{NT} = k$$

показывает, что искомая постоянная равна постоянной Больцмана: $a = k$. Таким образом, получаем формулу Больцмана (1).

Числовое значение постоянной Больцмана k Планк нашел из построенной им теории черного излучения [3. С. 210], [6. С. 267, 274]. В соответствии с последней реформой системы СИ (20 мая 2019 года), значение k известно точно, по определению [1].

По поводу формулы Больцмана (1) Планк утверждал [6. С. 440]: *«Если это соотношение должно иметь общее значение, то, так как энтропия есть аддитивная величина, а вероятность – мультипликативная, постоянная k должна быть универсальной величиной, зависящей только от выбора единиц измерения»*. Планк несколько раз называет k «универсальной постоянной» [6. С. 265–267]. Универсальность k объясняет, почему эта постоянная сегодня играет важную роль в системе СИ.

3. Закон Амага

Французский физик Эмиль Амага (1841–1915) открыл в 1880 году закон о суммарном объеме смеси идеальных газов, который записывается при помощи четырех равенств

$$\begin{aligned} V_{\Sigma} &= V_1 + V_2 + \dots + V_n, P = \text{const}, \\ N_{\Sigma} &= N_1 + N_2 + \dots + N_n, T = \text{const}. \end{aligned}$$

Здесь рассматривается смесь n идеальных газов. Объем и число молекул i -того газа обозначим соответственно, как V_i и N_i ($i = 1, 2, \dots, n$). Давление и число молекул смеси – как V_Σ и N_Σ . Давление и температуру смеси, а также составляющих смесь газов, – как P и T . Каждый газ в смеси подчиняется уравнению состояния

$$PV_i = kN_i T.$$

Суммируя эти уравнения, получим формулу

$$PV_\Sigma = kN_\Sigma T,$$

означающую, что смесь идеальных газов есть идеальный газ.

4. Следствие из закона Амага

Докажем, что из закона Амага следует важная формула [1]

$$\frac{V}{N} = \zeta(P, T).$$

При одних и тех же значениях давления и температуры рассмотрим две порции одного и того же идеального газа, а также – смесь этих порций. Соотношения Амага принимают вид:

$$\begin{aligned} V_\Sigma &= V_1 + V_2, \quad P = \text{const}, \\ N_\Sigma &= N_1 + N_2, \quad T = \text{const}. \end{aligned}$$

Найдем функциональную зависимость объема от числа молекул $V = u(N)$ при постоянных значениях давления и температуры. Учитывая зависимости

$$V_1 = u(N_1), \quad V_2 = u(N_2), \quad V_\Sigma = u(N_\Sigma),$$

получаем функциональное уравнение

$$u(N_1 + N_2) = u(N_1) + u(N_2)$$

для неизвестной функции u , верное для всех значений N_1 и N_2 . Коши нашел решение $u(N) = \zeta N$ этого уравнения [4], где ζ – константа. В нашем случае константа зависит от P и T , поэтому окончательно получаем формулу

$$V = \zeta(P, T) \cdot N.$$

Законы Дальтона [1] и Амага двойственны друг другу, в том смысле, что уравнения закона Дальтона и уравнения закона Амага преобразуются друг в друга при взаимной замене букв $P \leftrightarrow V$. Такое преобразование является инволюцией, так как его квадрат равен тождественному преобразованию.

Литература

1. *Антонюк П.Н.* Уравнение состояния идеального газа: историко-математический взгляд / Исследования по истории физики и механики. 2016–2018. Ин-т истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. – М.: Янус-К, 2019. – С. 523–536.
2. *Больцман Л.* Избранные труды. Молекулярно-кинетическая теория газов. Термодинамика. Статистическая механика. Теория излучения. Общие вопросы физики. – М.: Наука, 1984. – 590 с.
3. *Планк М.* Введение в теоретическую физику. Часть 5. Теория теплоты. – М.-Л.: ОНТИ, 1935. – 228 с.
4. *Cauchy A.-L.* Analyse algébrique. – Paris, 1821. – 576 p.
5. *Ферми Э.* Термодинамика. – Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1960. – 140 с.
6. *Планк М.* Избранные труды. Термодинамика. Теория излучения и квантовая теория. Теория относительности. Статьи и речи. – М.: Наука, 1975. – 788 с.
7. *Планк М.* Теория теплового излучения. – М.-Л.: ОНТИ, 1935. – 204 с.
8. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики. Т. II. Термодинамика и молекулярная физика. – М.: Физматлит, 2005. – 544 с.

У. ПАМЯТИ УЧЕНОГО

В.В. Кудрявцев

Институт физики, технологии и информационных систем (ИФТИС) Московского педагогического государственного университета (МПГУ)

ВАДИМ АЛЕКСЕЕВИЧ ИЛЬИН (1941–2019)

4 марта 2019 г. ушел из жизни Вадим Алексеевич Ильин – ученый-радиофизик, доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей и экспериментальной физики (КОЭФ) Института физики, технологии и информационных систем (ИФТИС) Московского педагогического государственного университета (МПГУ), известный специалист в области преподавания физики и ее истории в высшей школе, блестящий лектор и создатель настоящей «кузницы» научных кадров.

В.А. Ильин – автор свыше 400 научных работ по физике и методике ее преподавания, в том числе более 100 – по истории физики. Не боясь погрешить против истины, можно сказать, что Вадим Алексеевич – один из корифеев физического факультета МПГУ. Историю развития и современные достижения этого учебного заведения просто невозможно представить без его активной и плодотворной деятельности. В статье мы предприняли попытку нарисовать (хотя бы широкими мазками) портрет Вадима Алексеевича Ильина – талантливого, доброго и удивительно отзывчивого человека. Прежде всего, кратко рассмотрим его жизненный и творческий путь¹⁾.



Вадим Алексеевич
Ильин
(1941–2019)

¹⁾ При дальнейшем изложении мы будем давать ссылки только на работы В.А. Ильина.

Жизненный и творческий путь ученого

В.А. Ильин родился 4 июня 1941 г. в г. Нежин Черниговской области (Украина). В 1958 г. он окончил среднюю школу в г. Харцызск Донецкой области (Украина). В 1961 г. Вадим Алексеевич поступил на физический факультет Московского государственного педагогического института (МГПИ) им. В.И. Ленина, который окончил в 1968 г. (с 1962 по 1965 гг. он служил в рядах Советской армии). В 1966 г. он отправился в составе первого строительного отряда МГПИ на восстановление разрушенного землетрясением Ташкента. При подготовке статьи нам удалось найти записи В.А. Ильина, в которых он делится с читателями своими воспоминаниями о жизни и деятельности этого отряда, ярко описывает атмосферу, в которой самоотверженно работали студенты.

На наш взгляд, будет уместно при дальнейшем описании этой страницы биографии Вадима Алексеевича обратиться к его мемуарам. Итак, предоставим слово автору.

Воспоминание № 1

«Иногда не мы шли в театр, а он шел к нам. Лучшие всего я помню приезд к нам на стройку Марселя Марсо¹⁾, того самого, который встречается в песне Высоцкого. Он прибыл в Ташкент специально, чтобы помочь восстановлению города. Марсо приехал прямо к нам на стройку в старом советском представительском автомобиле, одетый в пиджак и фуражку. Взяв в руку программку и авторучку, я стал пробиваться поближе. На мое счастье кинооператоры заметили это и очистили мне путь. Марсель нарисовал для меня цветочек с пятью лепестками (он так всегда расписывался). Когда я отошел, все бросились к нему за автографами».

Воспоминание № 2

«Еще одно воспоминание – вечер, посвященный истории тех мест, где мы были... Рассказывал один из крупнейших археологов Средней Азии Василий Афанасьевич Шишкин. Его выступление познакомило нас с историей древней Согдианы, которую исследовал Шишкин. Мне в то лето удалось лично встретиться с Василием Афанасьевичем. И если, как это у меня сложилось, археология всегда стоит рядом с моей любимой физикой, то “виноват” в этом Шишкин».

¹⁾ Марсель Марсо (1923–2007) – знаменитый французский актер-мим, создатель парижской школы мимов.

Воспоминание № 3

«Рассказывать можно еще и еще. Но вы ведь спросите меня: “А что для вас значит это время и стройотряд вообще?” И я знаю, что сказать. Это время – самое счастливое в моей молодости. Недаром я храню как раритеты фотографии, комсомольскую путевку, платок, на котором поставили автографы мои товарищи».

Мы привели лишь малую часть воспоминаний Вадима Алексеевича о времени, проведенном им в стройотряде в Ташкенте. Даже поверхностное знакомство с ними позволяет сделать однозначный вывод о творческой и романтической натуре будущего ученого. Вполне вероятно, что именно в этот период сформировались многогранные интересы Вадима Алексеевича (к театру, литературе, археологии, спорту и др.), которые он сохранил на протяжении всей жизни.

Возможно, любовь к археологии как исторической дисциплине оказала значительное влияние на занятие Вадимом Алексеевичем историей физики и ее преподаванием в педагогическом вузе. Но все же в «иерархии» его интересов на первом месте всегда был искренний интерес к людям. Именно им можно объяснить создание В.А. Ильиным эффективной научно-педагогической школы в стенах физического факультета МПГУ.

Но прежде чем обзавестись своими учениками, ему предстояло стать профессиональным ученым-радиофизиком. Хронологически начало этого пути приходится на 1968 г., именно в этом году В.А. Ильин начал работать в Проблемной радиофизической лаборатории (ПРФЛ) МГПИ, пройдя путь от учебного мастера до ведущего научного сотрудника.

В ПРФЛ он проводил исследования гальваноманнитных параметров, в первую очередь, примесной проводимости полупроводников. При этом В.А. Ильин работал на установке для исследования полупроводников при сверхнизких (до ~ 0,3 К) температурах. В 1976 г. на основе этих исследований Вадим Алексеевич защитил кандидатскую диссертацию на тему «Изучение механизмов примесной проводимости в антимониде индия n -типа» по специальности «Физика полупроводников».

С 1977 г. он начал заниматься вопросами взаимодействия электромагнитного излучения микроволнового диапазона со сверхпроводящими джозефсоновскими переходами и созданием на этой основе малощумящих приемников излу-

чения СВЧ-диапазона. Эти исследования выполнялись в интересах Министерства обороны, а их результаты использовались для дистанционного мониторинга Земли и Мирового Океана, решения прикладных задач ВМФ (с целью обнаружения подводных объектов, для развития экологического мониторинга, прогнозирования погоды, изучения поверхности океана).

В.А. Ильным, К.З. Фатыховым (его первым аспирантом) и коллегами из Института космических исследований (ИКИ) АН СССР был разработан единственный в своем роде комплекс криогенных приемников гелиевого уровня охлаждения (широкополосных джозефсоновских радиометров) с предельно возможной чувствительностью, предназначенный для использования на борту корабля. Созданные радиометры успешно использовались в ряде глобальных экспериментов по мониторингу подстилающих поверхностей.

В 1992 г. Вадим Алексеевич защитил докторскую диссертацию на тему «Широкополосное джозефсоновское детектирование и его применение в устройствах для геофизических исследований» по специальности «Радиофизика». Он также успешно занимался исследованиями, связанными с изучением содержащих влагу дисперсных систем, электрических, радиофизических и теплофизических свойств квазидвумерных пленок льда в дисперсных системах. При участии Вадима Алексеевича в Архангельске в Поморском государственном университете (ПГУ) им. М.В. Ломоносова (сейчас он входит в структуру Северного (Арктического) федерального университета) была организована лаборатория дисперсных систем.

В.А. Ильин – преподаватель вуза.

Вклад в преподавание истории физики

В 1986 г. В.А. Ильин стал преподавателем КОЭФ МПГУ (сначала доцент, с 1993 г. – профессор), а в 1997 г. – профессором кафедры общей физики ПГУ. На физическом факультете МПГУ он читал лекции по общей физике, вел лабораторные занятия в физическом практикуме, руководил курсовыми и дипломными работами, осуществлял подготовку аспирантов.

В.А. Ильин также читал спецкурсы по истории и методологии физики, современным проблемам физики и астрофизики для бакалавров, магистров и аспирантов. Много лет

Вадим Алексеевич был куратором специального физического практикума, в рамках которого старшекурсники и аспиранты выполняли работы, посвященные изучению хаотических колебаний, фурье-спектроскопии, генерации СВЧ-колебаний и др. Значительное внимание он уделял разработке тематики, методики проведения и техническому оснащению лабораторных работ этого практикума.

Итак, Вадим Алексеевич активно и весьма успешно занимался проблемами вузовской методики – различными аспектами преподавания физики и ее истории, современной физики и астрофизики в педагогическом вузе, применением мультимедийных технологий в процессе обучения.

В 2016 г. под его редакцией был написан учебник «Физика» для прикладного бакалавриата [1]. В нем кратко изложены основные идеи и методы физической науки, показана роль фундаментальных экспериментов в ее развитии, приведены объяснения физических явлений, формулировки основополагающих законов и понятий. Учебник содержит практикум, включающий примеры решения типовых задач по всем разделам физики, значительное количество задач для самостоятельного решения и тесты.

Созданные при участии В.А. Ильина учебник и практикум «Физика» широко используются при чтении лекций и проведении семинаров по физике в ИФТИС МПГУ и других вузах нашей страны.

Отдельная и, возможно, наиболее яркая страница педагогического творчества Вадима Алексеевича связана с преподаванием истории физики в вузе. Достаточно сказать, что он внес основополагающий вклад в сохранение и развитие этой дисциплины на физическом факультете МПГУ. Прежде всего, расскажем хотя бы в общих чертах, о том, какое место занимает история физики в «семействе» других вузовских дисциплин, и обсудим те цели и задачи, которые она преследует и решает. Тем самым мы сможем лучше понять, что именно привнес Вадим Алексеевич в процесс изучения истории физики в педагогическом вузе.

Преподавание этой дисциплины имеет свою историю. В 1873 г. первую в России попытку написать школьный учебник по физике, основанный на историческом подходе в обучении, предпринял профессор Московского университета Н.А. Любимов. При этом он издал трехтомный курс «История физики» (1892–1896 гг.).

Историко-физические сведения были представлены в ряде отечественных школьных и вузовских учебников по физике досоветского периода (например, Н.Т. Щеглова, А.В. Цингера и др.). Преподавание истории физики в вузах в советский период связано с именами ряда ученых и преподавателей. Так, например, П.С. Кудрявцев внес выдающийся вклад в историю физики не только как ученый (например, он написал историко-научные биографии И. Ньютона, Э. Торричелли, М. Фарадея), но и как преподаватель, в первую очередь, как автор вузовских учебников. Его главной работой стал трехтомный курс «История физики», в котором рассматривается развитие физической науки начиная с Древней Греции и до середины XX в. Именно П.С. Кудрявцева можно с полным правом считать «прародителем» вузовского курса «История физики».

Значительный вклад в развитие истории физики как учебной дисциплины внес профессор Московского университета Б.И. Спасский. В 1963–1964 гг. был издан его учебник «История физики» в двух частях (издательство Московского университета). Второе издание этой книги было опубликовано в 1977 г. в издательстве «Высшая школа».

В педагогических вузах СССР история физики преподается с 1985 г. Именно тогда была опубликована программа этой дисциплины, составленная С.Р. Филоновичем. Фактически в то время единственными пособиями для студентов педвузов оставались учебники П.С. Кудрявцева и Б.И. Спасского.

Следующий этап в развитии преподавания истории физики связан с деятельностью В.А. Ильина. Прежде всего он составил примерную программу этой дисциплины (по специальности 032200 – Физика) [2]. На ее основе был создан и прочитан лекционный курс по истории физики, который, в свою очередь, был положен в основу учебника В.А. Ильина «История физики» (2003 г.) для педагогических вузов [3].

Во многом благодаря его активной деятельности дисциплина «История физики» заняла достойное место в «семействе» учебных предметов, изучаемых в стенах педагогического вуза. Несмотря на то, что обучение в рамках дисциплины «История физики» проводится в течение всего одного семестра, она играет важнейшую роль в физическом образовании педагогов. При ее изучении у них формируются:

- представления о синтезе естественнонаучного и гуманитарного подходов к образованию;
- основы современного научного мировоззрения и стиля научного мышления;
- знания об эволюции физики, ее ключевых идей, теорий, методов и инструментальных средств;
- навыки использования историко-методологического подхода в преподавании физики;
- уважение к творцам физической науки, интерес к их творческому наследию и др.

Для того чтобы обеспечить процесс обучения истории физики для разных профилей обучения (раньше данная дисциплина изучалась в основном только на 5 курсе), было принято решение о написании нового учебника (на базе первого издания). Кроме того, в 2014 г. в содержании вузовского физического образования произошел ряд изменений (в частности, был сделан акцент на компетентностный подход к обучению), которые также потребовали обновления содержания учебника по истории физики.

В новый учебник под названием «История и методология физики» [4] были добавлены:

- материалы о научных методах исследований разных ученых-физиков (краеугольные идеи методологической системы Аристотеля, методологические концепции научного познания Ф. Бэкона и Р. Декарта, научный метод познания Г. Галилея, И. Ньютона, схема современного научного метода познания А. Эйнштейна);
- фрагмент из истории взаимоотношений физики и других областей знания: медицины, истории, искусства и экономики (сделан акцент на том, что в основе этих направлений лежат физические законы и принципы);
- рассказ о философско-методологических основаниях квантовой физики, ОТО и релятивистской космологии, концепции единства физического знания, об эволюции представлений о физических взаимодействиях сквозь призму истории;
- исторический обзор основополагающих открытий в макро-, микро- и мегафизике, а также в области инновационного научного приборостроения. (при написании использовались результаты исследования В.Л. Гинзбурга «наиболее важных и интересных» проблем современной физики);

– очерк, посвященный историческим этапам развития радиофизики¹⁾ и ее магистральных направлений исследований: радиотехники и твердотельной электроники, радиоастрономии.

По предложению В.А. Ильина во второе издание учебника были введены рубрики, позволяющие студентам систематизировать полученные знания и применить их на практике при выполнении творческих заданий:

– «Контрольные вопросы» (позволяет студентам проверить текущие знания по окончании каждой главы);

– «Задания для самостоятельной работы» (представлен список тем рефератов и компьютерных презентаций);

– «Краткие биографии ученых» (небольшие биографические справки о творах физической науки, позволяющие студентам расширить их кругозор).

Фактически, учебник «История и методология физики» охватывает все этапы развития физики: от древнейших времен и до конца XX – начала XXI вв. Именно такой масштабный (по хронологии охвата историко-научных событий) и междисциплинарный по своему характеру (представлены фрагменты, посвященные взаимодействию физики и других



Первое (слева) и второе (справа) издания учебника В.А. Ильина по истории физики

¹⁾ Выбор радиофизики в качестве объекта историко-научного исследования связан с тем, что на физическом факультете МПГУ была создана мощная научная радиофизическая школа, которая продолжает успешно функционировать и в настоящее время. Одним из ее ярких представителей является В.А. Ильин.

наук в историческом преломлении, истории радиофизики) учебник стал надежной основой преподавания этой дисциплины в ИФТИС МПГУ.

После обсуждения целей, содержания и учебно-методического обеспечения курса «История физики» необходимо вкратце рассмотреть организацию учебного процесса. Этот вопрос Вадим Алексеевич решил весьма нетривиальным образом (заодно отметим, что он был настоящим генератором творческих идей, многие из которых были воплощены на практике). С учетом возрастающей роли цифровых технологий в образовании Вадим Алексеевич предложил вместо традиционной лекционной формы обучения использовать при изучении курса истории физики «мультимедийную лекцию»¹⁾.

Методика использования мультимедийных лекций в педагогических вузах была разработана В.А. Ильным и его аспиранткой Ж.С. Девич [5]. В настоящее время в ИФТИС МПГУ создан комплекс мультимедийных лекций по истории физики, объединяющий вопросы развития физической науки в доклассический (от эпохи Античности до XVIII в.), классический (от XVIII в. до конца XIX в.) и современный (XX–XXI вв.) периоды. Разработанные мультимедийные лекции являются также неотъемлемой составляющей чтения различных спецкурсов по современной физике.

Кроме того, мультимедийная форма проведения лекции была использована учениками В.А. Ильина при преподавании различных учебных курсов, например, общей физики в техническом вузе (Е.Ю. Бахтина, Г.Ф. Михайлишина), истории физики в педагогическом вузе (В.В. Кудрявцев).

Преподавая дисциплину «История физики» в течение долгого времени, Вадим Алексеевич стремился к тому, чтобы занятия были организованы как процесс самостоятельной познавательной и творческой деятельности студентов. Теоретический материал излагается в ходе мультимедийных лекций. После прочтения определенной серии таких лекций проводятся семинары, на которых обсуждаются вопросы историко-физического характера, выполняются практические

¹⁾ Особенностью мультимедийной лекции является широкое и оптимальное использование гипертекста, богатого иллюстративного ряда (рисунков, таблиц, схем, чертежей), анимированных изображений, аудио- и видеофрагментов, образовательных интернет-ресурсов, что обеспечивает вариативность изложения учебного материала.

задания, заслушиваются доклады и сообщения, проводятся дискуссии по итогам выступлений.

Резюмируя, отметим, что вклад Вадима Алексеевича Ильина в преподавание истории физики в педагогическом вузе трудно переоценить: при его непосредственном участии была разработана полноценная методическая система изучения этой дисциплины, включающая цели, задачи, содержание, формы, методы и средства обучения. Несомненно, его нетривиальные идеи и интересные учебно-методические находки еще долго будут служить фундаментом современного курса «История физики» (причем, в его различных вариациях) и оказывать значительное влияние на его дальнейшее совершенствование.

Заслуги Вадима Алексеевича Ильина в сфере образования были по достоинству оценены. Он являлся почетным работником высшего профессионального образования РФ, действительным членом и академиком-секретарем отделения физики и астрономии Международной академии наук педагогического образования (МАНПО).

Вадим Алексеевич был членом двух диссертационных советов, главным редактором созданного им журнала «Преподавание физики в высшей школе», членом редколлегии ряда журналов физической и научно-методической тематики («Известия высших учебных заведений. Поволжский регион», «История науки и техники»), постоянным участником научно-методических конференций.

Значительное внимание В.А. Ильин уделял привлечению молодых и талантливых кадров на физический факультет со всей России. Многие из них впоследствии защитили диссертации, стали высококвалифицированными преподавателями или учеными в области радиофизики и прикладной сверхпроводимости. За время своей научной и педагогической деятельности В.А. Ильиным было подготовлено свыше 25 кандидатов наук, 2 доктора наук.

В.А. Ильин – историк науки

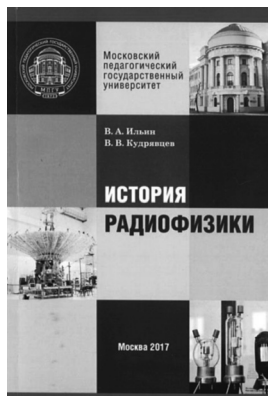
В.А. Ильин активно развивал так называемый педагогический аспект истории физики. Вместе с тем, он выполнил ряд исследований в области истории физики как научной дисциплины и тем самым проявил себя как историк науки. Вадим Алексеевич выступил инициатором изучения истории отечественной радиофизики, ставшего, по сути, новым направлением в истории физики. При его участии были под-

готовлены и опубликованы пособия по истории радиофизики: «Избранные вопросы истории радиофизики. Том I» (2011 г.) [6], «Избранные вопросы истории радиофизики. Том II. Современные достижения» (2013 г.) [7].

В них отбор историко-физического материала был выполнен на основе анализа Нобелевских премий, тематика которых связана с радиофизикой. В первой книге рассказано о научных биографиях ученых, внесших решающий вклад в становление радиофизики как науки и удостоенных за свои достижения Нобелевских премий, о научной деятельности отечественных ученых-радиофизиков, об исторических этапах развития магистральных направлений радиофизических исследований (радиотехники, радиоспектроскопии, радиоастрономии, квантовой электроники).

Во втором пособии представлен обзор современных достижений в этих направлениях, а также важнейших открытий в физике и технике терагерцового излучения, в лазерной спектроскопии. Это позволяет более глубоко проанализировать связи между различными физическими явлениями и процессами, выявить в них радиофизическую составляющую, продемонстрировать широкий спектр применений этой науки, исследовать эволюцию радиофизических идей, устройств, методов. В конце книги обсуждаются история развития радиофизической школы МПГУ и научные результаты, полученные ее участниками.

В 2017 г. на основе данных пособий был написан и издан модульный курс «История радиофизики» (2017 г.) [8] для магистров. Он знакомит студентов с важнейшими вехами развития радиофизики как науки. В нем рассказано как об истории становления и современных достижениях радиотехники, радиоспектроскопии, твердотельной и квантовой электроники, лазерной спектроскопии, физики и техники терагерцового излучения, радиоастрономии, так и о научной деятельности ряда выдающихся ученых-радиофизиков. Кроме того, в книге представлен достаточно обширный материал, посвященный истории развития отечественной радиофизики.



Обложка пособия
«История
радиофизики»
(2017 г.)

Указанные пособия по истории радиофизики используются при чтении курса радиофизики, различных спецкурсов по истории физики и современной физики в ИФТИС МПГУ.

В.А. Ильным был впервые рассмотрен феномен отечественных научных школ в радиофизике, прослежена эволюция научной радиофизической школы МПГУ [9], к которой он сам принадлежал, написаны биографии основателей этой научной школы (например, [10]). В 2016 г. по инициативе Вадима Алексеевича были изданы два специальных номера журнала «История науки и техники», посвященных феномену научных школ в истории отечественной физики [11, 12]. В материалах В.В. Кудрявцева и В.А. Ильина обсуждаются некоторые научные школы в области радиотехники и радиоэлектроники, теории нелинейных колебаний, радиолокации и радиоастрономии.

В.А. Ильин внес существенный вклад в изучение истории современной физики. Ее предмет охватывает явления и процессы, открытые за последние пятьдесят лет в области макро-, микро- и мегафизики при активном использовании фундаментальных физических теорий, передовых методов исследований и инновационных технологий. По временным рамкам современная физика охватывает период примерно с начала 1960-х гг. (т. е. с создания лазеров и лазеров) до настоящего времени [13]. В соавторстве со своими учениками Вадим Алексеевич рассмотрел историю возникновения и развития таких направлений современной физики и техники, как лазерная спектроскопия и лазерное охлаждение атомов [14], физика и техника высоких давлений [15], синтез сверхтяжелых элементов [16, 17] и др.

Безусловно, указанными работами отнюдь не исчерпывается деятельность В.А. Ильина как историка науки. Приведем лишь один пример. В 2014 г. исполнилось 100 лет со дня рождения академика АН СССР Е.М. Лифшица. Этой дате был посвящен специальный выпуск журнала «История науки и техники». В его содержание вошло интервью, взятое В.А. Ильным у кандидата педагогических наук, доцента МПГУ В.В. Сперантова, который в свое время был студентом Е.М. Лифшица и слушал его лекции [18].

В завершение скажем, что Вадим Алексеевич был постоянным участником Общественных семинаров по истории физики и механики в Институте истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН.

В.А. Ильин – популяризатор науки

Наряду с историей физики Вадим Алексеевич всегда проявлял неподдельный интерес к научно-популярному жанру литературы. Он стал инициатором и идейным вдохновителем создания серии книг «Магистральные направления физики XXI века», рассказывающих старшеклассникам, будущим и практикующим учителям о сложных вопросах современной физики в интересной и доступной форме.

По задумке Вадима Алексеевича такие книги должны восполнить пробел, связанный с недостаточным освещением в программах вузов и школ сведений из современной физики¹⁾. Отсутствие сложных математических выкладок, теоретических расчетов, обращение к фрагментам из истории науки позволяет изложить сложные вопросы современной макро-, микро- и мегафизики на качественном уровне и в научно-популярном стиле. В свою очередь, это позволяет донести до читателя обширные идейные, экспериментальные и технические аспекты, которыми живет современная наука, а также расширить их научный кругозор, формировать основы современного научного мировоззрения и научного стиля мышления.

В 2018 г. была опубликована первая книга серии «Магистральные направления физики XXI века», посвященная проблемам современной макрофизики [19]. В ее содержании можно условно выделить крупный раздел под названием «Исследование вещества в экстремальных условиях». К нему относятся тематические блоки «Достижения низкотемпературной физики» (физика и техника низких температур, сверхпроводимость: фундаментальные и прикладные аспекты, сверхтекучесть, методы лазерного охлаждения атомов, конденсация Бозе – Эйнштейна) и «Достижения физики и техники высоких давлений». Разумеется, можно предложить и другие структурно-логические объединения элемен-



Обложка книги, посвященной современной макрофизике

¹⁾ Во многом сложившаяся ситуация обусловлена сложностью физических вопросов, находящихся на переднем крае развития физической науки.

тов содержания, например, тематический блок «Инновационное научное приборостроение» (лазерная техника, туннельная микроскопия, микроэлектронные устройства, квантовые компьютеры).

Таким образом, по замыслу авторов книги ее материалы придутся по вкусу весьма широкому кругу читателей: от людей, просто интересующихся современными достижениями науки, до студентов физических специальностей, школьных и вузовских преподавателей.

В конце 2018 – начале 2019 гг. под руководством Вадима Алексеевича началась работа над вторым томом серии «Магистральные направления физики XXI века», в котором изложены вопросы современной микрофизики. К сожалению, в самый разгар этой деятельности, он трагически ушел из жизни. Наш авторский коллектив (Л.Н. Смирнова, В.В. Кудрявцев), понесший невосполнимую утрату, решил закончить написание книги и посвятить ее выход памяти Вадима Алексеевича¹).

На страницах второго тома рассказано об увлекательной истории физических открытий и изобретений в физике микромира, о ее многогранных связях с другими научными направлениями (прежде всего, космологией), с техникой и инновационным научным приборостроением (например, коллайдер ЛHC, термоядерный реактор ITER). В содержании книги можно условно выделить следующие три крупных тематических блока: «Теоретические аспекты современной микрофизики», «Инструменты современной микрофизики. Большой адронный коллайдер», «Современная микрофизика и другие области науки и техники».

Разработка структуры этой книги, ключевые идеи при построении ее содержания были предложены именно В.А. Ильиным, а нам – его соавторам – оставалось лишь их реализовать на практике. Удивительно, но Вадим Алексеевич всегда смотрел в будущее. Так, дописав первый том обсуждаемой научно-популярной серии, он уже составлял план следующего тома. Всего же он запланировал четыре тома! Последний из них будет посвящен применению физических методов в различных гуманитарных науках и направлениях (медицина, археология, искусство и пр.).

При активном участии Вадима Алексеевича было открыто несколько рубрик в ряде периодических изданий. Напри-

¹) В 2021 г. книга была выпущена в свет.

мер, в журнале «История науки и техники» он был соавтором ряда материалов в рубрике «История выдающихся современных физических открытий». Кроме того, он был постоянным автором журнала «Физика в школе», в котором вместе с коллегами вел рубрику «Достижения современной физики и техники».

По мнению В.А. Ильина и его коллег, учащимся, интересующимся физикой, важны современные открытия и изобретения, приборы и устройства, с помощью которых они выполнены. Им интересны глубокие и часто неожиданные связи физики с другими науками, в частности, гуманитарными. Учащиеся с удовольствием узнают об истории физических исследований, благодаря чему традиционные формулы и законы обретают живое содержание, а сама физика предстает перед ними как живой, динамично развивающийся организм.

Именно для решения таких актуальных дидактических задач и была создана рубрика журнала «Физика в школе». По замыслу авторов, ее материалы смогут использовать учителя в преподавании школьного курса физики с учетом ее современных достижений, при проведении проектной и учебно-исследовательской деятельности по физике. При участии В.А. Ильина было издано в общей сложности 13 статей, вошедших в эту рубрику.

Предметом особой гордости Вадима Алексеевича стало его участие в ряде телевизионных передач, имеющих научно-просветительский характер. На канале ОТР в течение последних лет выходит программа «Большая наука. На грани безумия», в рамках которой в научно-популярной форме зрителям рассказывается о научных открытиях и исследованиях. В.А. Ильин дважды был гостем этой программы: выпуск «Чья взяла? (спор физиков и лириков)» [20], выпуск «Наука точная и элегантная» [21].

В январе 2019 г. вышел выпуск передачи «Вопрос науки. Долой эталоны» [22] на телеканале Россия 24. В интересной беседе с ее ведущим А.М. Семихатовым Вадим Алексеевич рассказал зрителям о новых эталонах единиц измерения (в частности, эталоне килограмма), принятых на 26-й Генеральной конференции по мерам и весам в 2018 г.

Таким образом, научно-просветительская деятельность В.А. Ильина была чрезвычайно насыщенной. Отметим, что вместе с физиками ИФТИС МПГУ он участвовал в лектории

Дня города в 2017 г. В ходе этого мероприятия посетителям рассказывали о развитии науки в Москве, показывали занимательные физические эксперименты (в том числе, с жидким азотом). Вадим Алексеевич прочитал небольшие научно-популярные лекции о жизни и научном творчестве П.Н. Лебедева, Л.Д. Ландау и А.Д. Сахарова.

Наконец, заслуживает внимания еще один интересный проект, над которым работал В.А. Ильин. Вместе с профессором Ю.Г. Рудым он стал автором статьи «Физика» (фрагмента, посвященного развитию этой науки после второй половины XX в.), написанной для Большой российской энциклопедии (БРЭ, издание 2017 г.) [23]. Сам статус издания свидетельствует об исключительно важной и ответственной задаче, с которой Вадим Алексеевич прекрасно справился.

* * *

В статье мы постарались показать, какой цельной, многогранной и удивительно творческой личностью был Вадим Алексеевич. Без преувеличения он был Учителем с большой буквы, оставивший глубокий след в жизни каждого из тех, с кем он близко общался. С ним было легко и интересно общаться, он был первоклассным рассказчиком, человеком, наделенным энциклопедическими знаниями и готовым в любой момент поделиться с собеседником своими мыслями и идеями.

Блестящий ученый, талантливый педагог, просветитель и настоящий патриот науки, добрый и отзывчивый человек, душа компании, прекрасный семьянин (у него остались жена, дочь и двое внуков), воспитатель целой плеяды учеников, считающих его своим вторым отцом. Таким останется Вадим Алексеевич Ильин в наших сердцах и наших воспоминаниях.

Литература

1. *Ильин В.А., Бахтина Е.Ю., Виноградова Н.Б., Самойленко П.И.* Физика: учебник и практикум для прикладного бакалавриата / Под ред. В.А. Ильина. – М.: Издательство Юрайт, 2019. 399 с.
2. *Ильин В.А.* Примерная программа дисциплины «История физики». – М.: «Прометей» МПГУ, 2004. 16 с.
3. *Ильин В.А.* История физики: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. 272 с.

4. *Ильин В.А., Кудрявцев В.В.* История и методология физики: учебник для магистров. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд. Юрайт, 2014. 579 с.
5. *Древич Ж.С., Ильин В.А.* Мультимедийные технологии в преподавании курса «История физики» педагогических вузов. – М.:, 2004. С. 148–150. (Научные труды МИГУ. Серия: Естественные науки.)
6. *Кудрявцев В.В., Ильин В.А.* Избранные вопросы истории радиофизики. Т. I. – М.: ООО Изд-во «Научтехлитиздат», 2011. 276 с.
7. *Кудрявцев В.В., Ильин В.А.* Избранные вопросы истории радиофизики. Т. II. Современные достижения. – М.: ООО Изд-во «Научтехлитиздат», 2014. 112 с.
8. *Ильин В.А., Кудрявцев В.В.* История радиофизики. Модульный курс для магистров: учебное пособие. – М.: Изд-во МПГУ, 2017. 320 с.
9. *Кудрявцев В.В., Ильин В.А., Гольцман Г.Н.* Радиофизика в истории Московского педагогического государственного университета // История науки и техники. 2009. № 9. С. 18–27.
10. *Гольцман Г.Н., Ильин В.А., Кудрявцев В.В.* Радиофизическая научная школа и ее основатель Евгений Михайлович Гершензон (к 80-летию со дня рождения) // История науки и техники. 2011. № 12. С. 18–27.
11. Феномен научных школ в отечественной физике. Часть I // История науки и техники. 2016. № 1. 108 с.
12. Феномен научных школ в отечественной физике. Часть II // История науки и техники. 2016. № 2. 104 с.
13. *Кудрявцев В.В., Ильин В.А.* Об изучении вопросов современной физики в школе // Вестник МГОУ. Серия: Педагогика. 2017. № 2. С. 117–124.
14. *Ильин В.А., Кудрявцев В.В., Бахтина Е.Ю.* Лазерная спектроскопия и лазерное охлаждение атомов: эволюция ключевых идей и методов // История науки и техники. 2018. № 3. С. 43–65.
15. *Ильин В.А., Кудрявцев В.В.* Металлический водород – замечательное достижение физики высоких давлений // История науки и техники. 2019. № 1. С. 18–30.
16. *Ильин В.А., Кудрявцев В.В., Самойленко П.И.* История синтеза сверхтяжелых элементов. Часть I // История науки и техники. 2017. № 2. С. 15–24.
17. *Ильин В.А., Кудрявцев В.В., Самойленко П.И.* История синтеза сверхтяжелых элементов. Часть II // История науки и техники. 2017. № 4. С. 75–85.

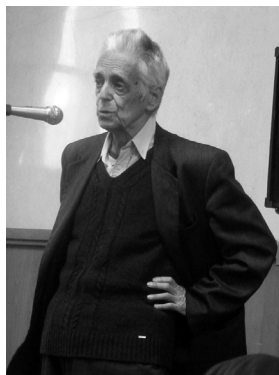
18. *Сперантов В.В., Ильин В.А.* Диалог о годах преподавания Е.М. Лифшица в Московском педагогическом государственном университете (МГПИ им. В.И. Ленина, ныне МПГУ) // История науки и техники. 2015. № 4. С. 64–68.
19. *Ильин В.А., Кудрявцев В.В.* Магистральные направления физики XXI века: Физика технологий будущего для будущих физиков и инженеров. Кн. 1: Современная макрофизика.– М.: ЛЕНАНД, 2018. 448 с.
20. Телевизионная передача «Чья взяла? (спор физиков и лириков)» канала ОТР. [Электронный ресурс]. URL: <https://otr-online.ru/programmy/bolshaya-nauka-est/chya-vzyala-26356.html>.
21. Телевизионная передача «Наука точная и элегантная» канала ОТР. [Электронный ресурс]. URL: <https://otr-online.ru/programmy/bolshaya-nauka-na/nauka-tochnaya-y-legantnaya-28754.html>.
22. Телевизионная передача «Вопрос науки. Долой эталоны» канала Россия 24. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vesti.ru/videos/show/vid/784119/cid/3741/>.
23. Физика. Большая российская энциклопедия. *А.М. Прохоров* (развитие физики до середины 20 века), *В.А. Ильин, Ю.Г. Рудой* [Электронный ресурс]. URL: <https://bigenc.ru/physics/text/4710923>.

Борис Альтшулер

*Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН
Отделение теоретической физики им. И.Е. Тамма*

ПАМЯТИ БОРИСА МИХАЙЛОВИЧА БОЛОТОВСКОГО

Борис Михайлович Болотовский – советский и российский физик, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник отделения теоретической физики им. И.Е. Тамма Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, почётный президент Фонда поддержки фундаментальной физики.



Борис Михайлович
Болотовский
(20.09.1928 –
28.05.2021)

Б.М. Болотовский – в течение 70 лет, с 1951 года, сотрудник ФИАНа, куда он поступил после окончания физфака МГУ в декабре 1950 г. Область научных интересов: электродинамика, излучение быстрых частиц, история науки. Публикации в различных научных журналах, 35 публикаций в «Успехах физических наук» (УФН), включая 15 научных обзоров – <https://ufn.ru/ru/authors/89/bolotovskii-boris-m/>

Последняя статья в УФН (Том 189, С. 1084–1103, 2019, совместно с Г.Б. Малыкиным) «Видимая форма движущихся тел». Видим мы свет, который рассеивается на движущимся теле, а учет конечности скорости света и релятивистских эффектов делают задачу очень нетривиальной. (См. аннотацию – <https://ufn.ru/ru/articles/2019/10/d/>).

Известно, что согласно специальной теории относительности (СТО) Эйнштейна движение со скоростью, превышающей скорость света в вакууме, 300 тысяч км/сек, невозможно. При этом в среде, где скорость света меньше этой предельной величины, возможно движение быстрее скорости света. Такое сверхсветовое движение электрического заряда в

среде вызывает излучение Вавилова – Черенкова. Многие работы Б.М. Болотовского связаны с изучением свойств этого излучения. Чрезвычайно интересны его исследования излучения заряженных источников, движущихся в вакууме со скоростью больше скорости света. Оказывается, такое возможно, несмотря на категорический запрет СТО, противоречия с СТО нет, поскольку такие движения не могут нести никакой информации. Речь идет о движении «зайчиков» различной конструкции – точки пересечения с плоскостью заряженной нити, падающей (со скоростью меньше скорости света) на эту плоскость под небольшим углом, или вращающийся «маяк» и т.п. При таком сверхсветовом «фиктивном» движении возникают нетривиальные физические явления – см. обзор Б.М. Болотовского и В.Л. Гинзбурга «Эффект Вавилова – Черенкова и эффект Доплера при движении источников со скоростью больше скорости света в вакууме» (УФН, 1972. Т. 106, вып. 4). Эти результаты справедливо считаются классическими.

Борис Болотовский также автор нескольких книг: «Высокочастотная асимптотика спектра излучения релятивистских заряженных частиц в классической теории» (тексты лекций, 1982); «Заряд, среда, излучение» (совместно с В.А. Давыдовым, 1989); «Излучение при сверхсветовом движении зарядов» (совместно с В.П. Быковым, 1989).

В 1985 году в издательстве «Наука» вышла его книга «Оливер Хевисайд, 1850–1925» – биография выдающегося английского исследователя, во многом опередившего свое время и поэтому не оцененного современниками: *«Многие важнейшие результаты, полученные Хевисайдом, до такой степени не укладывались в привычную схему, что не только эти результаты, но даже методы их получения еще при жизни Хевисайда подвергались суровой и неза заслуженной критике... Первыми оценили Хевисайда инженеры-электрики и связисты (может быть, именно поэтому многие считали и считают Хевисайда инженером). Они начали широко использовать методы Хевисайда при расчете электрических систем и линий связи. Простота и мощь операционного исчисления, возможность сравнительно легко получать с его помощью надежные результаты – эти преимущества в глазах инженеров более чем восполняли тот «недостаток», что операционное исчисление не имело в то время строгого математического обоснования»* (Из Гл. 1 книги о

Хевисайде; вся книга, начиная с предисловия В.Л. Гинзбурга, здесь – <http://vivovoco.astronet.ru/VV/BOOKS/HEAVISIDE/PREFACE.HTM>).

Б.М. Болотовский – автор научно-популярных и исторических статей в журналах «Природа», «Наука и жизнь», в «Эйнштейновских сборниках», член редколлегии ежегодника Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН «Исследования по истории физики и механики» и постоянный его автор. Отмечу, по-моему, очень глубокую статью «Как определил понятие свободы великий мыслитель Барух Спиноза» – <https://berkovich-zametki.com/2009/Zametki/Nomer9/Bolotovsky1.php>

Борис Болотовский – среди составителей и авторов книг, посвященных И.Е. Тамму, А.Д. Сахарову, М.А. Леоновичу, Г.А. Аскарьяну, М.Л. Левину, М.А. Миллеру, а также книги «Семинар» (совместно с Ю.М. Бруком). Замечательны статьи Болотовского об ушедших друзьях: Гургене Аскарьяне (1928–1997) – <https://7iskusstv.com/2016/Nomer8/Bolotovsky1.php> ; Юрии Гольфанде (1922–1994) – <https://7iskusstv.com/2012/Nomer11/Bolotovsky1.php>; статья «Больше сорока лет рядом» о Давиде Киржнице (1926–1998) – «Природа», № 11, 2001 г. В качестве приложения в том же номере «Природы» опубликованы воспоминания самого Давида Абрамовича о детстве «Там, где будет город Челябинск-40». Есть там и такой знаковый эпизод, о котором мне рассказал сам Давид Абрамович, когда я посетил его в апреле 1998 года за месяц до его смерти. Весна 1938 года, у 12-летнего Давида арестован отец. На большой перемене в московской школе они с приятелем, у которого тоже арестован отец, уединяются под лестницей. Пролетом выше нянечка – немолодая русская женщина, в платке по-деревенски, протирает пол, ребят она не видит. В это время по радио звучит очередное сообщение об аресте вредителей, приговоре к высшей мере, который «приведен в исполнение». И ребята слышат, как нянечка бормочет вполголоса: *«Ууу, людоед, не напился еще кровушки, все тебе мало, ирод!!!»*

Боря Болотовский всегда рассказывал анекдоты, любой разговор в Отделе или по телефону всегда кончался шуткой. Вот одна – очень, по-моему, точная о тех же сталинских временах, рассказанная им в одном из наших последних разговоров: *«Площадь, по которой ходят трамваи. На рельсах*

стоит мужчина, размахивает руками и возмущенно кричит: «Безобразия, безобразия, что за безобразия!» Подходит милиционер: «Гражданин, чего кричите?», – «Безобразия, трамвай прошел, а рельсы не убрали!». Милиционер удивился, потребовал: «Ваши документы». Мужчина подает документ, милиционер внимательно его изучает. Через 20 минут рельсы убрали». Это и называется, что в стране был порядок – сталинский порядок, сказано – сделано. Невольно вспоминаются сталинские приказы (формально за подписью маршалов Василевского и Жукова) за несколько дней до 22 июня 1941 года о постановке на профилактический ремонт танков, артиллерии, самолетов. И послушаться было невозможно, как и в вышеприведенной шутке, рассказанной Болотовским.

Б.М. Болотовский внес важный вклад в неформальное творчество под рубрикой «физики шутят», был одним из составителей известного одноименного сборника, в свое время много сотрудничал с коллективом авторов знаменитой оперы физиков «Архимед». В этой связи не могу не сослаться на большую обзорную статью Юрия Гапонова «Традиции «физического искусства» в российском физическом сообществе 50–90-х годов» («Вопросы истории естествознания и техники», декабрь 2003 г. – <http://vivovoco.ibmh.msk.su/VV/JOURNAL/VIET/PHYSLIT.HTM>). А праздник «День рождения Архимеда» с участием Нильса Бора, Ландау и Тамма (май 1961 г.) до сих пор в памяти во всех деталях.

И, конечно, одно из важнейших достижений 18-летнего Бори Болотовского – сочиненный им в декабре 1946 года гимн студентов-физиков «Дубинушка». Об истории создания этого гимна он сам очень красочно написал: «Вспоминая “наши годы молодые”» <http://th1.ihep.su/~soloviev/koi/DUBINA.html>

Об общественной позиции Болотовского хорошо сказано в некрологе Сахаровского центра:

«С самого первого учредительного собрания в марте 1990-го года и до своего последнего дня Борис Михайлович – с его жизненным опытом, тактом и твердостью – оставался реально действующим членом Центра. Он был глубоко предан Андрею Дмитриевичу и Елене Георгиевне, посещал их в горьковской ссылке. Будучи членом КПСС, Борис Михайлович вместе с другими коммунистами Теоретического отдела и его главой академиком В.Л. Гинзбургом

ограждал А.Д. Сахарова от травли внутри Института, создавал вокруг него климат коллегиальной солидарности.

Наделенный литературным талантом и неповторимым чувством юмора, Борис Михайлович оставил замечательные воспоминания, многие из которых стали классикой жанра: “Сахарная голова”, “Уголовное дело”, “Один день в городе Горьком” и др. День столетнего юбилея А.Д. Сахарова был отмечен выходом в свет документального фильма “Дело Сахарова”, в котором интервью с Борисом Михайловичем занимают важное место». – <https://www.sakharov-center.ru/article/pamyati-borisa-mikhaylovicha-bolotovskogo>

У нас с Борей Болотовским всегда было взаимопонимание по политическим и подобным вопросам. Здесь назову нашу с ним (вместе с Сергеем Ковалевым и Юрием Самодуровым) заметку «Сахарову каяться не в чем» – ответ писателю Виктору Астафьеву, «Известия», 6 мая 1994 г. (см. также в приложении к публикации 2018 года: <https://newizv.ru/article/general/28-07-2018/>).

Приведу также сохранившееся у меня послание из Бостона – поздравление Б.М. Болотовскому с его 80-летием:

«20 сентября 2008 г.

Глубокоуважаемого и дорогого Бориса Михайловича искренне и дружески поздравляем с прекрасным юбилеем, желаем здоровья, научных вольнотворческих успехов и благополучия юбиляру и всей семье Болотовских. Отдельно одна из нас (Е.Г.Б.) пользуется случаем еще раз поблагодарить Бориса Михайловича за его неоценимую помощь в подготовке к публикации «Дневников» Андрея Дмитриевича Сахарова и за постоянную деятельную заинтересованность в выживании Архива и Музея – Общественного центра Сахарова в Москве, а также поблагодарить весь Теоретический отдел ФИАН за поддержку Андрея Дмитриевича в трудные 70-ые и 80-ые годы прошлого века. Елена Боннэр, Татьяна Янкелевич, Алексей и Лиза Семеновы».

А это последний абзац поздравительного Адреса дирекции и коллектива ФИАН к 90-летию Болотовского три года назад, в сентябре 2018 года:

«Дорогой Борис Михайлович, желаем Вам новых творческих успехов, здоровья и, учитывая стремительный прогресс молекулярной биологии, жизненных сроков, изображаемых горизонтальной восьмеркой, то есть таких же, как у сочиненного Вами в 1946 году гимна студентов-физиков

«Дубинушка!» – https://ufn.ru/authors/personal/89/boris_mikhailovich_bolotovskii_on_his___th_birthday___from_lpi-bolotovskii_boris_m.pdf

К сожалению, молекулярная биология пока что подвела. Научный прогресс – дело темное и иррациональное, какие-либо прогнозы тут затруднительны. И, тем не менее, несмотря на почти 93 года смерть Бориса Михайловича была сродни несчастному случаю. Всему виной проклятый COVID. Дочь Катя, ее муж Костя, внук Артем (актер Театра на Таганке) делали все возможное и правильное, чтобы его спасти. Но не получилось, увы.

В заключение – несколько цитат из прощальных высказываний друзей.

Алик Гуревич (А.В. Гуревич, академик РАН, зачитано на прощальной встрече в Теоротделе):

«Я знал Борю с 1938 года, учился с его братом Володей с 1 класса 167 школы в Дегтярном переулке, часто бывал у них дома. Боря всегда был очаровательным центром притяжения, ярким, душой компании. Всегда остроумен и полон особой теплоты жизни. Забыть его невозможно. Я всегда помню Борю – прекрасного физика и прекрасного человека».

Илья Ройзен, «Памяти друга»:

«Природа не поскупилась – она щедро наделила Борю разносторонними талантами. И если бы он не был отличным физиком, то стал бы, скорее всего, незаурядным поэтом и/или писателем (или артистом, как его внук). Собственно говоря, он, так сказать, по совместительству всем этим и был».

<https://club.berkovich-zametki.com/?p=63346>

Владимир Тихомиров:

«Особой точкой притяжения для него была великая фигура Альберта Эйнштейна. Бориса Михайловича занимали проблемы философского осмысления изменяющихся научных истин. Помимо этого, он был несравненным летописцем научного мира»

<https://club.berkovich-zametki.com/?p=62884>

Геннадий Горелик, «Ушел Борис Михалыч Болотовский»:

«В его комнатенке в Теоротделе ФИАН, за кружкой чая, тут-же-приготовленного с помощью кипяtilьника, началось мое приобщение к школе Тамма – Мандельштама. Анекдоты и забавно-поучительные истории, рассказанные

абсолютно серьезным тоном с детским простодушием в глазах, вносили мир и благоволение в мою душу беспризорного физика-теоретика и – по совместительству – начинающего историка-биографа науки».

<https://club.berkovich-zametki.com/?p=62947>

И совсем на закуску.

Борис Болотовский, из статьи «Один день в городе Горьком» (о визите к Сахарову 12 ноября 1984 г. вместе с Е.С. Фрадкиным) / «Он между нами жил». ОТФ ФИАН – М.: Практика, 1996):

«Щербинка – район массовой застройки на краю Горького. Вдоль проспекта Гагарина стоят кирпичные типовые дома, похожие друг на друга. Около часа мы бродили по микрорайону, заглядывая по дороге в попавшиеся продовольственные магазины. То, что мы увидели, нас не обрадовало. Сыра не было, сливочного масла не было, мяса не было. Вспомнился анекдот, который я слышал незадолго перед тем: “Как сообщают из Горького, академик Сахаров прекратил голодовку. Остальное население города продолжает голодать”.

К девяти часам утра мы вернулись к дому, где жили Андрей Дмитриевич и Елена Георгиевна. Позвонили в дверь. Нам открыл Андрей Дмитриевич и сразу же из кухни в переднюю вышла Елена Георгиевна. Нас ждали».

Борис Михайлович красочно описывает многочасовые беседы Сахарова и Фрадкина о работах по теории струн. Сахаров засыпал Фрадкина вопросами, Ефим Самойлович все время порывался пояснить что-то с помощью формул, что Андрей Дмитриевич твердо отклонял, говоря: *«Нет, Фима (они были знакомы с 1945 года – Б.А.), вы мне на словах растолкуйте постановку задачи. Может быть, я после этого на ваши формулы и смотреть не захочу».*

«А когда мы едем в машине по городу, иногда кто-нибудь голосует, просят подвезти. Особенно часто это бывает, когда мы едем с рынка. Подходит старушка и просит подвезти. Мы не можем отказывать, берем ее в машину. Но буквально через десять-двадцать метров машину останавливают и бабушку вытаскивают”.

Рассказав об этом, Елена Георгиевна добавила:

– А вы знаете, какие у них руки?

Она знала. И те старушки, которых вытаскивали из машины Сахарова, тоже знали...

Мы пошли на кухню пить чай. К чаю был пирог, испеченный моей женой Наташей. Мне удалось довести его в целости и сохранности. Хозяйка похвалила пирог, и я был очень рад этому.

После чая опять начались обсуждения. Ефим рассказывал, Андрей Дмитриевич расспрашивал, спорил, соглашался, потом сам рассказывал. Я мало что понимал и быстро потерял интерес к их беседе...

На столе лежал программируемый калькулятор фирмы Хьюлетт-Паккард. Это был подарок Сахарову от американских математиков. Несмотря на малые размеры, эта вычислительная машинка обладала довольно большими возможностями. Руководство к пользованию этой машинкой представляет собой довольно толстую книгу (несколько сот страниц). Без руководства, как я думал, этой машинкой овладеть невозможно. Но я нигде поблизости не видел руководства. В один из кратких перерывов я спросил у Андрея Дмитриевича, есть ли у него руководство.

– Есть, а зачем оно нужно? – сказал Андрей Дмитриевич. – Свою голову надо иметь.

Пока я переваривал этот поразительный ответ, Андрей Дмитриевич и Ефим возвратились к обсуждению.

Через некоторое время я посмотрел на часы и увидел, что скоро нам с Ефимом пора будет собираться в обратный путь и ехать на вокзал. Но Ефим и Андрей Дмитриевич продолжали обсуждение. Они разговаривали на бумаге. Андрей Дмитриевич писал уже не формулы, а слова. Ефим отвечал либо кивком головы, либо жестом, либо тоже что-то писал. Как раз в тот момент, когда я поглядел, Андрей Дмитриевич дописал большими буквами очередную фразу, я ее прочел: «Скажите Боре». Боря – это я. Я все понял и вышел из комнаты, чтобы не мешать их разговору... »

Фрадкин и Болотовский, нарушив строгие требования к посещавшим Сахарова физикам, вывезли тогда из Горького знаменитое письмо Сахарова Президенту АН СССР А.П. Александрову, где Андрей Дмитриевич описывает пытки, которым он подвергался в горьковской больнице в мае-июне 1984 года.

В.Е. Рок

доктор физико-математических наук

МОЙ ПРОФЕССОР, УЧИТЕЛЬ И ДРУГ

Борис Михайлович Болотовский 28 мая 2021 года оставил нас, тех кто его знал, наедине с воспоминаниями о нём.

Прошло ещё очень мало времени для того, чтобы как следует в них разобраться и привести в порядок. К тому же каждый помнит что-то своё и вспоминает по-своему. Поэтому то, что я смог записать ниже, не претендует на полноту и абсолютную точность в деталях, и я должен извиниться, что рассказ мой будет очень личным. Анализ научного наследия профессора Болотовского ещё подождёт своего часа.

Моё знакомство с Борисом Михайловичем состоялось в феврале 1972 года. Краткая предыстория этого события была простой, но мне придётся её рассказать, чтобы объяснить роль и значение этой встречи для меня.

Окончив в 1968 году среднюю школу № 2 Октябрьского района города Москвы, которая тогда была известна в Москве как «вторая физико-математическая», я очень хотел заняться физикой и решил поступить в МФТИ.

На всякий случай, напомним, что в июне 1967 года произошла арабо-израильская «шестидневная война», накануне и в ходе которой СССР занял строго антиизраильскую позицию и разорвал с Израилем дипломатические отношения. Израиль ту войну выиграл. Мой год выпуска пришёлся на начало соответствующих изменений во внутренней политике.

Приём в МФТИ проходил в июле, за месяц до приёмных экзаменов в другие ВУЗы, и был не балльным, то есть прошедшие все экзамены, собеседование и медкомиссию абитуриенты зачислялись в институт по решению приёмной комиссии, а не по сумме набранных на экзаменах баллов, равной или превышающей объявленный «проходной балл». Об этом узнавали из поименных списков принятых. Мои пятерки по обоим письменным экзаменам, по физике и математике, привели к продолжавшимся почти по шесть часов выматывающим марафонам со сменяющимися друг друга экзамена-

торами на устных экзаменах по этим предметам. Судя по всему, если не все, то часть моих экзаменаторов, не просто принимали экзамены у вчерашнего школьника, а вели в моем лице «бой с мировым империализмом и сионизмом». На войне, как известно, все пути к победе допустимы! Медкомиссия и собеседование ничего особенного из себя в моем случае не представляли. Не найдя себя в списке зачисленных, я понял, что между мной и физикой сооружена стена, но мне всё-таки хотелось заниматься именно этой наукой. Я забрал документы, чтобы успеть в августе поступить в другой ВУЗ. Мне тогда казалось, что если в названии ВУЗа нет слова «физика» или «физический», то это – не для меня. Мои родители были достаточно далеки от науки и подсказать ничего не могли.

Поэтому, с учётом ещё некоторых обстоятельств, я подал документы на физический факультет в МГПИ (Московский государственный педагогический институт) им. В.И. Ленина. Так он тогда назывался. Там мне заявили, что никакие физтеховские оценки не признают, поэтому мне пришлось получить свои вступительные «пятёрки» по физике и математике заново.

На четвертом курсе мой школьный одноклассник, учившийся на механико-математическом факультете МГУ и специализировавшийся на кафедре дифференциальных уравнений, которой тогда заведовал академик, ректор МГУ Г.И. Петровский, позвал меня слушать спецкурс по механике сплошных сред, рассчитанный на два семестра. Его читал профессор Григорий Исаакович Баренблатт. Я спросил, почему механик читает свой курс на отделении математики. Товарищ мне ответил, что у Баренблатта давний конфликт с академиком-механиком Л.И. Седовым. Благодаря тому, что у меня был индивидуальный план занятий, оформленный на кафедре математической физики, я имел возможность не присутствовать на части занятий у себя на факультете. Это позволяло мне ездить в МГУ. Спецкурс оказался очень хорошим благодаря блестящим преподавательским способностям лектора и его умению обсуждать важные вопросы с аудиторией, в которой почти не было студентов с отделения механики, а преобладали немногие студенты-математики и аспиранты МФТИ и Института проблем механики АН СССР. Я не пропустил ни одного занятия в обоих семестрах. Всего нас было человек около двадцати. В конце курса, наверное,

в мае 1972 г., Баренблатт объявил, что некоторым слушателям он готов поставить отличную оценку за него «автоматом» и спросил у меня зачётку. Мне пришлось объяснить ему, что на его курсе я оказался по дружбе со своим товарищем и в оценке не нуждаюсь. Тогда Григорий Исаакович спросил, откуда я, и пригласил приехать к нему домой для разговора. У него дома состоялся разговор, и после чаепития он предложил мне подумать над одной задачей. «Когда решите, – сказал он, – позвоните мне!» Через две недели я позвонил, приехал к нему с решением. Он меня выслушал, похвалил, спросил, кто заведует на нашем факультете кафедрой физики твёрдого тела, и сказал, что осенью, когда начнется мой последний учебный год (семестр), он договорится о том, чтобы я делал диплом под его руководством и позвонит. На этом мы расстались.

Во втором семестре того же моего 4-го курса, то есть в феврале 1972 г. на моём факультете для пятикурсников был объявлен спецкурс по некоторым вопросам электродинамики профессора-совместителя на кафедре В.И. Левина¹⁾ Бориса Михайловича Болотовского, основным местом работы которого, как выяснилось, был Физический институт им. П.Н. Лебедева. Я везде называю подразделение, где он работал, «теоротделом», хотя его структура и наименования со временем менялись. Я начал ходить и туда тоже с моим напарником по индивидуальному плану занятий. Курс Бориса Михайловича содержал некоторые вопросы электродинамики сплошных сред, в том числе и физики плазмы: например, затухание Ландау. В середине апреля пятикурсники заканчивали учебу. У них начинались экзамены за семестр, а потом выпускные экзамены и защиты дипломов. У меня с моим однокурсником занятия продолжались до конца мая. Борис Михайлович спросил нас, хотим ли мы продолжать занятия с ним. Мы ответили согласием. С нами продолжал слушать курс Владимир Александрович Угаров, доцент кафедры теоретической физики, которой заведовал Эдуард Владимирович Шпольский, одновременно занимавший должность главного редактора журнала Успехи физических наук (УФН). Угаров тоже работал в редакции УФН, ответственным секретарем. Вот для нас троих Борис Михайлович продолжал читать свой спецкурс, а в конце посоветовал най-

¹⁾ Виктор Иосифович Левин – математик, в то время заведующий кафедрой математической физики МГПИ.

ти время и начать ходить на «Общемосковский семинар по теоретической физике» В.Л. Гинзбурга в ФИАН, на который можно в среду до 10 часов получить разовый пропуск у проходной с улицы Вавилова. Для этого нужно просто предъявить паспорт стоящему там секретарю семинара, который внесет фамилию в список участников. Семинар длится два часа с перерывом, а потом мы можем поговорить о каких-нибудь интересующих нас вопросах. Болотовский предупредил, что семинар – как газета: если читать её каждый день, становится понятен контекст сообщений, связь между ними и смысл происходящего. Поэтому важно ходить на него регулярно.

Я поехал в среду на улицу Вавилова, прошел на семинар, мало что понял, но атмосфера и ведущий мне понравились. Семинар происходил в большом конференц-зале, а весь теоротдел тогда занимал очень маленькое пространство на уровне будки киномеханика конференц-зала под крышей центральной части главного здания. Уже позже его переселили в правое крыло на первый этаж, и у Бориса Михайловича там появился крошечный кабинетик, примерно 6 кв. метров, с доской для записей на стене над столом. Но весной 72-го года я ещё не знал о том, что часто буду приходить в это здание и в будущий кабинет Бориса Михайловича и записывать беседу чаем с сухариками, пакетик которых БМ приносил для гостей в портфеле. Осенью мне обещал позвонить Баренблатт, и я предполагал, что это будет иметь продолжение в виде дипломной работы.

На лето семинары Гинзбурга прекратились, в июле и августе я проходил военные лагеря, которыми закончились наши занятия на военной кафедре. Это освободило целый день в неделю. В мой последний студенческий год я уже старался регулярно приезжать в ФИАН по средам. Ожидаемого звонка от Баренблатта в сентябре не было, в октябре тоже. Я подумал, что профессору МГУ не до меня, и мне неудобно его беспокоить самому. Я ошибался: Григорий Исаакович сам в это время оказался в сложном положении. Он лишился покровительства Петровского, который скоро, в самом начале 1974 года, 15 января, умер. С 1975 г. Баренблатт начал работать заведующим теоретическим отделом в Институте океанологии АН СССР. Но той осенью я просто не дождался обещанного звонка, не зная, что происходит. Вот так и определился выбор моего научного руководителя!

С Борисом Михайловичем и заходившими к нему его коллегами и учениками обсуждались и физические задачи, и разные вопросы, касавшиеся профессиональных научных предметов. История событий, в частности, относящихся к истории физики и естествознания вообще, факты и мнения об известных и менее известных ученых и их судьбах. В том числе и тех, о ком умалчивали официальные источники или превратно освещали их жизнь и работу.

Некоторые схематично известные мне факты благодаря БМ получали более подробное описание и объяснение. Например, в школе мой 1965/66 учебный год прошёл без уроков биологии. Это произошло потому, что вскоре после отставки в октябре 1964 Н.С. Хрущева, в советской биологии избавились от Т.Д. Лысенко и восстановили в правах «продажную девку империализма» – генетику. Поэтому старую школьную программу по биологии срочно отменили, а разработка новой заняла этот год. К моему последнему школьному году новая программа уже была утверждена, но еще не успели написать, утвердить и напечатать новые учебники. В моей школе этот вопрос был решен просто: в школу приглашали учёных-генетиков, которые рассказывали нам об основах этой науки, а в качестве учебника нам предложили использовать толстую, переведенную с английского, книгу К. Вилли «Биология». Борис Михайлович подробно рассказал мне, как происходило свержение Т.Д. Лысенко. Оно началось с голосования на Общем собрании АН СССР против утверждения в звании академика ставленника Лысенко Н.И. Нуждина. Большую роль в этом сыграли академики А.Д. Сахаров, И.Е. Тамм, В.А. Энгельгардт. Сейчас об этом много написано, но тогда подробности я услышал от Бориса Михайловича.

Рассказал он и о героическом биологе-генетике И.А. Рапопорте.

Я как-то рассказал БМ о том, как интересно было читать «Фейнмановские лекции по физике». Он заметил, что это во многом заслуга переводчиков, среди которых был его друг, физик из Дубны Герцен Копылов. После этого Болотовский прочитал мне наизусть сатирические стихи и поэму Копылова, добавляя необходимые комментарии по истории физического факультета МГУ. У Бориса Михайловича была поразительная способность запоминать стихи после первого прочтения и помнить их, кажется, вечно. Стихи Копылова в то время нигде не публиковались.

За мой последний студенческий год незаметно стали накапливаться ответы на задававшиеся Борисом Михайловичем физические вопросы – решения сформулированных им задач. Он не экзаменовал, не давил, просто вовлекал в работу, подсказывая иногда, о чем подумать и что почитать. Часто интересно было разговаривать с теми, кто у него бывал. Некоторые посетители приходили каждую среду. Было заметно, что их связывает не только работа, но и искренняя дружба.

К весне 1973 г. Борис Михайлович сказал нам, что полученные результаты надо будет представить в виде совместного доклада на Всесоюзную конференцию. Набралось пять соавторов. Никто не был забыт. Потом в следующий раз БМ заметил, что можно поставить ещё одну задачу, родственную уже обсуждавшимся. Я с ней разобрался и при следующей встрече показал ему решение, после чего услышал: «*Теперь пишите статью!*». Я никакого представления о том, как это делается, не имел. Куда писать? Как писать? Борис Михайлович сказал, что, наверное, направить можно будет «краткое сообщение» в горьковскую «Радиофизику». Надо пойти в библиотеку, взять любой номер журнала с правилами оформления рукописей и всё сделать так, как там написано. Я обнаружил, что помимо правил оформления текста, там говорится о том, что статья должна сопровождаться «актом экспертизы» от учреждения, в котором выполнена работа. Спросил у БМ, где его взять, я же – студент, а не работник, и вообще, зачем оно нужно. БМ ответил, что этот «*акт эксперта ИЗЪМА*» – документ, который подтверждает, что в работе нет ничего нового и интересного, поэтому её можно публиковать в открытой печати. Я удивился: зачем же её вообще публиковать, если в ней «нет ничего нового и интересного». Он объяснил, что если там есть что-то очень важное, то работа может быть засекречена. Поэтому в каждом учреждении, ведущем научную работу, создаётся специальная экспертная комиссия, которая это решает. Она и выдает нужное разрешение в виде такого акта. Я подумал, что мне придётся искать такую комиссию на моем факультете и довольно долго объяснять, как появилась моя работа и что мне от неё нужно, без гарантии на успех. На что мне БМ предложил оформить это разрешение тут же в теоротделе. Указал, куда и к кому обратиться за специальным бланком. Я его взял, вернулся и начал заполнять. На пункте «выполнена ли работа по плану или в порядке личной инициативы»

я засомневался и решил спросить у БМ, следует ли писать, что я решил задачу «в порядке личной инициативы». *«Нет! – сказал Борис Михайлович. – Надо писать, что работа выполнена по плану научно-исследовательских работ АН СССР».* На мой вопрос: *«А откуда составители этого, неведомого мне, плана могли знать о том, что у нас неделю назад появится и будет решена эта задача?»* – он ответил: *«Они, конечно, этого конкретно знать не могли, но всё, что мы здесь, в академическом институте, делаем, мы делаем по плану АН СССР!»*

Статья была отправлена и позже напечатана. Я искренне считал, что теперь могу написать по двум этим работам с необходимыми дополнениями диплом под руководством Бориса Михайловича. Но тут появилось распоряжение какого-то из двух министерств, которым подчинялся МГПИ, (ведь он должен был подчиняться и Министерству высшего и среднего образования СССР, и Министерству просвещения РСФСР), что дипломы в педвузах могут быть подготовлены либо по методике преподавания предмета, либо по педагогике. То есть чисто научный диплом по физике мне представлять запретили! Вместо диплома можно было сдать еще один госэкзамен по педагогике и методике преподавания физики. Я это и сделал. Получил свой диплом «с отличием» и рекомендацию Ученого совета факультета в аспирантуру.

Борис Михайлович со своей стороны обратился к проф. В.И. Левину с письмом о том, что просит допустить меня, студента, четыре с половиной года имевшего индивидуальный план занятий на его кафедре, к экзаменам в аспирантуру и готов при успешном зачислении руководить моей работой. Левин ответил, что рад бы, но на кафедре нет собственных аспирантских мест, он принимает только целевых аспирантов, направленных из других педвузов... Рекомендация в аспирантуру не обязывала предоставить мне аспирантское место.

Болотовский был удивлен и предположил, что, наверное, дело в нём, то есть в личном отношении к нему Левина, а не во мне. Борис Михайлович всегда готов был взять на себя ответственность даже за то, в чём совершенно не был виноват! Я считал по-другому и три года спустя убедился, что дело в самом Викторе Иосифовиче, вернее в его продуманной жизненной позиции. Дело в том, что тот самый мой школьный товарищ, с которым мы ходили на спецкурс Баренблатта, одновременно со мной окончил университет и

осенью 73 г. поступил в аспирантуру мехмата, а три года спустя и её окончил, подготовив кандидатскую диссертацию, которую вскоре успешно защитил. У него, как тогда полагалось, по окончании аспирантуры возник вопрос о распределении на работу. Товарищ, помня В.И. Левина по нашему восьмому классу, как и то, что Виктор Иосифович тогда, в школе, к нему относился с явной симпатией, приехал к нему на факультет для разговора о возможном запросе на распределение на кафедру Левина и тоже получил отказ! Тут уже ни я, ни Болотовский в этом никак не участвовали. Это была чистая проверка самого Виктора Иосифовича. Причины такого поведения были, конечно, в нем самом, его характере и отчасти жизненном опыте.

Каковы бы не были мотивы Виктора Иосифовича Левина, я все равно благодарен ему и за очень интересные, прекрасные уроки математики в школе, и за то, что учеба в институте благодаря индивидуальному плану занятий на его кафедре была для меня более интересной и полезной, чем могла бы оказаться без него.

Борис Михайлович не сдался и в следующем году сделал ещё одну попытку. В МГПИ на кафедру общей физики вторым профессором пришёл недавно ставший доктором физ.-мат. наук 37-летний радиофизик Юрий Александрович Кравцов, до этого много лет работавший с С.М. Рытовым в Радиотехническом институте АН СССР. Борис Михайлович, всё ещё считая, что проблема была в личном отношении к нему Левина, попросил Кравцова взять меня в аспирантуру к себе с тем, чтобы я мог неформально продолжать работать с Б.М. Кравцов после встречи и беседы со мной на это согласился, обещал поговорить со своим заведующим кафедрой. Через долгие несколько дней, он мне позвонил и попросил приехать к факультету. Встретив меня, он, с трудом подбирая слова и избегая смотреть в глаза, сказал, что заведующий кафедрой профессор Евгений Михайлович Гершензон ему заявил, что на его кафедре уже есть один Рабинович (доцент, а не М.С., о котором ниже), и он сам – Гершензон, поэтому брать ещё и Рока он себе позволить не может, чтобы его самого не уволили. В этот момент мне больше всего было жаль Юрия Александровича, который буквально физически страдал на моих глазах, произнося всё это. Я-то уже был готов услышать нечто подобное, понимая, что пауза до звонка Кравцова затянулась не случайно.

После этого Борис Михайлович мне сказал, что в теоротделе ФИАН занимаются аспиранты, которые числятся в аспирантурах либо на кафедре Гинзбурга в МФТИ, либо в МГУ, либо целевые аспиранты, присланные из союзных республик. Собственных академических аспирантских мест в теоротделе практически не бывает. Кто-то из академиков или членов-корреспондентов умудряется иногда выбить в Президиуме АН для своего ученика одно место в аспирантуре, но ему, рядовому доктору, старшему научному сотруднику, сделать это не удастся. Он добавил, что если я хочу продолжать с ним работать, то он всегда к этому готов. Даже в тот момент, казалось бы, оказавшись со мной в тупике, он думал и заботился обо мне, а не о себе, хотя ему и без того хватало забот.

Я продолжал по возможности приезжать по средам в ФИАН общаться, а когда удавалось, то и участвовать в обсуждении и решении кое-каких задач с Борисом Михайловичем. Конечно, я занимался и другими задачами, и выполнял обязанности, связанные с теми рабочими местами, на которых я в это время получал зарплату. Чисто технические проблемы, как, например, напечатать статью не по тематике своего учреждения, или как, в конце концов, сдать кандидатские экзамены, не числясь ни в какой аспирантуре, были в то время достаточно труднопреодолимы.

В теоротделе, году в 74-м, появился компьютер WANG-2200. Как-то Борис Михайлович рассказал мне о том, что доктор наук Евсей Моисеевич Мороз для него написал программку, которая должна была обучаться простой игре в крестики-нолики на доске 3x3. Программа содержала некоторую простую функцию для оценки позиции по состоянию клеток игрового поля, каждая из которых могла быть либо пустой, либо занята «крестиком» или «ноликом». В процессе игры с партнером программа подбирала в ней параметры, чтобы выбирать следующий ход, не ведущий к поражению, а по возможности к победе. Мороз поиграл со своей программой и убедился в том, что сначала она делает случайные ходы, но, по мере накопления опыта игры с человеком, обучается сводить партию вничью, а при ошибке человека – выигрывать. Ему пришлось в голову, что, заставив программу играть саму с собой, процесс обучения можно ускорить, поскольку компьютер не будет ожидать хода человека. Мороз запустил такую программу и подождал, пока компьютер сам с собой сыграет несколько тысяч партий. Потом

остановил процесс и переключил программу, чтобы она снова играла с человеком. Игра началась, и Мороз обнаружил, что машина ставит свои «нолики» совершенно случайным образом и быстро проигрывает. То есть ничему не «научилась»! Рассказав мне об этом, Борис Михайлович, заключил: *«Таким образом Евсей Моисеевич Мороз экспериментально доказал, что дурак дурака ничему научить не может!»*

Е.М. Мороз тогда, кажется, работал в лаборатории физики плазмы, которой руководил Матвей Самсонович Рабинович. М.С. Рабиновича я знал. У меня в институте он тоже преподавал по совместительству и нам прочитал небольшой, но очень яркий и «физичный», курс атомной физики. Борис Михайлович рассказал мне как-то историю его увольнения в 1953 г. во время известного «дела врачей». В своё время Рабинович теоретически рассчитал электронный синхротрон на 250 МэВ и защитил в 1948 году эту работу как «закрытую» кандидатскую диссертацию. В 1953 он работал над теорией более мощного ускорителя протонов – синхрофазотрона на 10 ГэВ, который строился в Дубне. По «делу врачей-отравителей» 5 ноября 1952 года был арестован академик АМН Мирон Семенович Вовси, троюродный (!!!) дядя жены Матвея Самсоновича, Ольги Исаевны Коломойцевой. Причем вынудили руководителя «Эталонной лаборатории» В.И. Векслера уволить Рабиновича «по сокращению штатов» в конце марта 1953 г. уже после смерти Сталина. Собственно, ушел Рабинович из ФИАН к 1 апреля 1953 года. Такая посмертная «шутка вождя народов»! В ФИАНе (старом здании, на Миуссах) осталась большая научная библиотека МС. Вывести её оттуда взялся Борис Михайлович с Александром Михайловичем Балдиным и Вадимом Михайловичем Михайловым. Все они были сотрудниками теоретического отдела лаборатории Рабиновича. История перевоза этих книг описана в рассказе Болотовского «А сама-то она кто?» (http://lhe.jinr.ru/rus/veksler/wv0/publikacii/Bolotovskij_5.htm), опубликованном в 2004 г. Мне всю историю Борис Михайлович рассказал лет за тридцать до этой публикации.

Были тогда в ФИАНе и другие подобные увольнения. Борис Михайлович не пострадал по очень простой причине: он приступил к работе в ФИАН 15 февраля 1951 г. Эту дату от него я слышал неоднократно и хорошо запомнил. Дело в том, что я родился ровно десять дней спустя. Три года, то есть, до 14 февраля 1954, БМ считался молодым специали-

стом, работающим по распределению. Никакому увольнению он по закону не подлежал. А к концу 1953 года страна уже изменилась.

Собственно, именно Рабинович, с опытом заведования лабораторией и знакомый с трудовым законодательством, позже и объяснил Борису Михайловичу, почему его не коснулись происходившие в эти годы увольнения. То есть 24-х-летний Болотовский сам этого не понимал, вывозя библиотеку Матвея Самсоновича, и вполне мог ожидать для себя очень неприятных последствий, но его это не остановило.

Вообще, Борис Михайлович был прекрасным рассказчиком и благодаря широкому кругу знакомств в среде научной, и не только научной, интеллигенции и своей наблюдательности в сочетании с блестящей памятью рассказывал виртуозно как устно, так и письменно. Наверное, первым его всесоюзным литературным успехом можно считать выпускное школьное сочинение, которое Боря Болотовский написал 1 июня 1945 года. Для исторической точности надо напомнить, что 30 мая 1945 года, уже после победы над гитлеровской Германией и как раз накануне начала школьных выпускных экзаменов, по постановлению СНК СССР №1247 в СССР были вновь введены золотые и серебряные медали «За отличную учебу и примерное поведение» лучшим выпускникам полных, то есть 10-летних в то время, средних школ. До 1954 года такая золотая медаль делалась действительно из золота 583 пробы массой около 10,5 г. Получить медаль в первый же год учреждения было очень трудно. Требования к претендентам и контроль за порядком присуждения были жёсткими. Решающим экзаменом было выпускное сочинение с оценками по литературе и русскому языку, которое выпускники всей страны писали в один день. Весна и лето 1945 года были первыми мирными на территории СССР после долгих лет войны. Выпускников 10-летки было немного. У претендовавших на медаль выпускников сочинения проверяли на высоком уровне образовательной иерархии, и несколько самых лучших сочинений читали по радио на всю страну. Сочинение московского золотого медалиста Бори Болотовского было удостоено этой чести.

Золотая медаль тогда давала право поступления в любой ВУЗ без вступительных экзаменов вне конкурса. Борис Болотовский мог заняться литературой, историей, театральными делами, но стал в 1945 г. студентом физического факультета МГУ.

В 1955 г. он уже кандидат физико-математических наук, а в 1965 – доктор.

Помимо научно-исследовательской работы он значительную часть жизни преподавал и занимался с аспирантами. Его доброжелательное отношение к людям и забота о них проявлялась в том, что он умел практически любого порученного ему аспиранта довести до успешной защиты. Поскольку в ФИАНе ему очень часто В.Л. Гинзбург поручал целевых аспирантов, направленных из союзных республик, то бывало и так, что они не только не отличались хорошей профессиональной подготовкой, но и по-русски говорили не очень хорошо. Он и с этим легко справлялся!

Ему было поручено, например, подготовить отзыв Отделения теоретической физики ФИАН, как ведущей организации, на кандидатскую диссертацию горьковчанина Б.Е. Немцова.

В заграничных поездках, когда они случались, он интересовался и учебной стороной жизни университетов. Я помню, как он мне с восторгом рассказывал о поездке в Кембридж, где один из местных преподавателей показал ему университет и рассказал о его традициях. Бориса Михайловича поразило, что к каждому двум студентам там с начала их учёбы прикрепляют одного тьютора, который проводит с ними основную часть внеаудиторного времени, помогает организовать работу и обсуждает любые, не только учебные, вопросы. Борис Михайлович рассказывал:

– *Я его спросил, не слишком ли это дорого?* – на что он мне ответил:

– *Один Ньютон окупает все расходы!*

Если задуматься, даже среди многих упомянутых мной ученых есть неочевидная объединяющая их черта: прямо или косвенно их можно связать с Л.И. Мандельштамом. И.Е. Тамм, Г.С. Ландсберг, В.Л. Гинзбург – его ученики. Б.М. Болотовский сформировался как теоретик в отделе И.Е. Тамма, Ю.Н. Кравцов – радиофизик из МЭИ, но работал в Радиотехническом институте АН под руководством ученика Л.И. Мандельштама, С.М. Рытова, и считал себя именно его учеником. У меня есть ощущение, что в них присутствовала общая генетическая черта, скрытая в научных «детях» и «внуках» Л.И. Мандельштама: честность в науке и внимание к людям.

Я помню рассказ Бориса Михайловича о том, как ещё молодым учёным году в 1954–55 он решил в рамках классичес-

кой электродинамики задачу, в которой рассматривался резонатор со сверхпроводящими стенками. Тогда Меккой советских и тем более московских теоретиков был четверговой семинар академика Л.Д. Ландау в Институте физических проблем, а сам ЛД – высшим авторитетом. Борис Михайлович, конечно, прежде чем направить свою работу в печать, решил доложить её на семинаре Ландау. Лев Давидович разнёс докладчика, крича, что пока мы не понимаем природу сверхпроводимости, мы не имеем права ставить и решать такие задачи. БМ расстроился и отказался от публикации. Через несколько месяцев в одном из американских физических журналов он увидел статью, в которой такая же задача была сформулирована и решена американским автором. С журналом он пошёл к Тамму и спросил, как же рецензенты одобрили, а журнал принял к публикации статью о задаче, которую, по мнению Ландау, вообще неправомерно ставить. Ответ Тамма прозвучал примерно так: *«Боря, если Лев найдёт у Вас ошибку в математике, то можете не сомневаться, что она там есть, а если Лев начнет возражать Вам из философских соображений, то не слушайте Льва!»*

Можно догадаться, что именно в эти годы Ландау был напряженно занят попытками объяснить сам физический механизм возникновения сверхпроводимости. Работа, в которой сверхпроводимость присутствовала, но не объяснялась, видимо, вызвала у него чисто эмоциональное отторжение. Понятное, но несправедливое. Сдерживать эмоции он не стал, не заботясь о том, как его слова могут повлиять на начинающего физика-теоретика.

После известной автокатастрофы для помощи в лечении Л.Д. Ландау московские физики создали целый штаб и организовали круглосуточные посменные дежурства у телефона в нём. Борис Михайлович тоже в них участвовал, и я перескажу его рассказ об одном таком дежурстве.

Дежурных обязательно должно было быть два человека, и один из них с личным автомобилем. Когда ЛД уже перевели в одну из клиник 4-го Главного управления, «Кремлёвку», в штаб в дежурство Бологовского поступил звонок о том, что должен прилететь из США самолёт аэрофлота, командир которого везёт коробку лекарства для ЛД. Лекарство нужно было для лечения упорной пневмонии, которая развилась за долгое время, когда Ландау лежал в коме. Советские антибиотики не помогали. Разрешение на

такую экстренную передачу лекарств для Ландау без таможенного оформления и официальной регистрации препарата в СССР выхлопотал Евгений Михайлович Лифшиц на уровне правительства. Командир самолета передал приехавшему Борису Михайловичу коробку «Рондомицина». В то время это был совершенно новый американский препарат, полусинтетический антибиотик тетрациклинового ряда с очень широким спектром действия. Из аэропорта (мне почему-то кажется, что это было «Внуково»), они поехали в клинику. На территорию больницы пропуска у них не было, поэтому им сообщили внутренний номер телефона, по которому следовало позвонить из проходной. По дороге в клинику в машине Борис Михайлович достал вложенное в коробку описание препарата и инструкцию по его применению и прочитал. Текст был написан, конечно, по-английски, и там упоминалось, что применение препарата должно сочетаться с приёмом противогрибковых средств, например, нистатина. По приезде к клинике Болотовский прошёл на проходную к внутреннему телефону, позвонил, и к нему вскоре пришёл врач в белом халате, взял коробку и поспешил прочь. Борис Михайлович вдогонку крикнул, что в коробке лежит инструкция, которую, наверное, нужно перевести с английского языка, и он готов помочь. Врач на ходу, не оборачиваясь, бросил: «Там всё знают!» – и убежал.

За несколько лет до этого рассказа Бориса Михайловича, в 1976 году, мне случилось держать в руках машинописный текст «мемуаров» Конкордии Терентьевны Дробанцевой, вдовы Льва Ландау. Дело было в Можинке, академическом дачном посёлке под Звенигородом. Это были три увесистые переплетенные тома. То, что издано под псевдонимом «Кора Ландау-Дробанцева» и обработано для печати другим человеком уже после её смерти, имеет много отличий, хотя тон непримиримой вражды Кору с учениками Ландау, самый ненавистный из которых «Женька Лифшиц», там сохранён. Важно, что в машинописном варианте в приложении был помещен текст патологоанатомического заключения о результатах посмертного вскрытия ЛД. Там, в частности, отмечался обширный кандидамикоз кишечника, обнаруженный у Ландау после смерти. У меня нет возможности и компетенции для того, чтобы проверить все эти факты, но рассказ Болотовского заставил меня подозревать, что инструкцию к лекарству в «Кремлёвке» так и не прочитали.

Свои рассказы Борис Михайлович излагал с совершенно серьёзным лицом, и отделить правду от его авторского вклада было почти невозможно. Как-то он мне сказал, что в недавние выходные у Дмитрия Сергеевича Чернавского сломался телевизор. Он позвонил Александру Викторовичу Гуревичу и пригласил его в гости на починку телевизора, заявив, что для этого, по его мнению, достаточно видеть схему и понимать общие принципы её работы. Два доктора физико-математических наук, несомненно, понимают эти принципы! Гуревич засомневался, но Чернавский добавил, что у него есть дома целая бутылка коньяка. Этот аргумент подействовал. Гуревич приехал, и они занялись работой, дав слово, что не расстанутся, пока не увидят на экране изображение, открыли коньяк и время от времени подкреплялись небольшими дозами этого напитка. Как они не бились, телевизор работать отказывался, а количество коньяка в бутылке убывало. К вечеру коньяк закончился, а телевизор всё ещё ничего не показывал. Гуревич собрался домой и решил бросить последний взгляд на экран неработающего телевизора. Чернавский тоже посмотрел в ту же сторону. *«И тут, – сказал Борис Михайлович, – они увидели на экране телевизора изображение!»*. Причем оба одновременно увидели на нём одно и то же – большой кукиш. Так или иначе, обещание – добиться изображения – было выполнено, коньяк выпит и с чистой совестью можно было разойтись!

– *И Вы знаете, Володя, что интересно?* – спросил меня Болотовский. – *Телевизор был черно-белый, а кукиш на экране они увидели цветной и даже стереоскопический!*

Однажды, когда началась публичная кампания по осуждению Андрея Дмитриевича Сахарова, мы как-то пришли в кабинет Бориса Михайловича с семинара Гинзбурга, и он мне сказал, что кое-что сейчас покажет. В кабинете на его столе лежала тонкая картонная папочка для бумаг.

– *Смотрите, –* сказал БМ, открыв папку.

Там была страница машинописного текста. В тексте осуждались действия академика Сахарова от лица его сотрудников. Дождавшись, пока я дочитаю до конца, БМ сказал:

– *Это мне в парткоме ФИАН передали, чтобы я, как парторг отдела, собрал подписи сотрудников.* – Потом перевернул страницу со словами:

– *Вот подписи сотрудников. Уже неделю собираем.*

Страница, которую я увидел, была чистым листом белой бумаги. Ни одной подписи на ней не было и потом не появилось. В таком виде Борис Михайлович и вернул её в партком ФИАН.

Наверное, надо закончить рассказ о том, чем завершились усилия Бориса Михайловича по моему «остепенению». В августе 1981 г. я перешёл работать в институт, в названии которого были слова «... ядерной геофизики... ». Борис Михайлович сказал, что существует возможность прикомандировать меня к ФИАНу для работы с ним. С его помощью через год-другой удалось получить согласие директора моего института и оформить моё прикомандирование к Отделению теоретической физики ФИАН. К тому времени я успешно сдал два кандидатских экзамена по иностранному языку и философии, а специальность, наконец, смог сдать уже в теоретическом отделе комиссии Б.М. Болотовского, А.В. Гуревича и Г.Ф. Жаркова. С приключениями, выстояв длинную очередь из выпускников очных аспирантур с правом внеочередной защиты, – а тогда ещё были длинные очереди на защиту диссертаций! – я вышел на защиту в ФИАНе в начале января 1986 г., через 12,5 лет после того, как у Бориса Михайловича появилось намерение направить меня в аспирантуру. Аспирантуры не случилось, но на титульных листах моих диссертации и автореферата профессор Болотовский указан моим научным руководителем. К тому времени он уже был и до конца остался мудрым старшим другом и наставником, который всегда оказывался в нужный момент готовым помочь, даже тогда, когда другие люди, от которых я в большей степени считал себя вправе этого ожидать, отступали. Так и осталось навсегда.

Вечером после моей кандидатской защиты мы с моими родителями, старшей сестрой и некоторыми друзьями собрались, чтобы отметить это событие. Борис Михайлович сказал примерно такой тост:

– Мы все, конечно, рады, что Володя сегодня защитился, но понимаем, что он не стал умнее, чем был вчера!

Теперь я это вспоминаю и думаю, что это чем-то похоже на слова школьного учителя математики самого Бориса Михайловича, который мог сказать ученику: «Я тебе ставлю “два”, но ты не зазнавайся!»

Наши отношения с Борисом Михайловичем и его семьёй, конечно, продолжались. Последний наш разговор по телефо-

ну произошёл 9 мая. Он, как всегда, начал со слов «Здравствуйте, дорогой Володя!», а в конце рассказал ещё одну короткую историю о том, как очень много лет назад в санатории познакомился с профессором духовной академии, успешным получить степень доктора теологии ещё в Великобритании, видимо, в 1920-е–30-е годы. О чём они беседовали можно догадаться, а в конце разговора этот профессор ему сказал, что «Моральный кодекс строителя коммунизма», принятый XXII съездом КПСС (1961 г.) подражает библейским заповедям, но одной заповеди в этом «Моральном кодексе» ни в каком виде нет.

– *Знаете, Володя, какой?*

– *Какой, Борис Михайлович?*

– *«Не убий»!*

В ночь с 21 на 22 мая в связи со 100-летием Андрея Дмитриевича по телевидению после часа ночи был показан документальный фильм «Дело Сахарова». В нескольких эпизодах фильма использованы рассказы Бориса Михайловича, связанные с Андреем Дмитриевичем. Они были засняты на квартире Болотовского за несколько месяцев до показа фильма. Борис Михайлович, уже тяжело больной, досмотрел этот двухчасовой фильм до конца и только после этого лёг в постель. Когда я позвонил ему на следующий день, то он уже не мог говорить по телефону. Он всегда гордился знакомством с А.Д. Сахаровым и считал своим долгом участие в сохранении памяти о нём. На это он не пожалел свои последние силы.

Борис Михайлович был физически не очень крепким человеком, но успел сделать поразительно много. О его блестящем юморе, большом количестве написанных им статей, выполненных и отредактированных переводах трудов иностранных ученых, сборниках работ замечательных отечественных ученых, общественной деятельности, в том числе и по увековечению памяти Андрея Дмитриевича Сахарова, о том, как он увлекся изучением жизни и творчества английского ученого-самоучки Оливера Хэвисайда и написал о нём прекрасную книгу, и о других его работах по истории физики, надеюсь, расскажут другие знавшие его люди. Может быть, и я сам к этому ещё вернусь. Тем более что я рассказывал далеко не всё, что помню.

Спасибо, Борис Михайлович, за то, что Вы долго были с нами и останетесь в душе и памяти пока мы, те, кто Вас знал, существуем!

От редколлегии

НАШ ПРОЩАЛЬНЫЙ ПОКЛОН (ОТДЕЛЬНО НЕСКОЛЬКО СЛОВ О БОРИСЕ МИХАЙЛОВИЧЕ БОЛОТОВСКОМ КАК ИСТОРИКЕ ФИЗИКИ)

Борис Михайлович Болотовский был настоящий историк физической науки. Причем историк особого рода. Он не только занимался историей ФИАНа, историей излучения Вавилова–Черенкова и был свидетелем драматичной и увлекательной истории теоретического отдела ФИАНа во второй половине XX в., умеющим живо и с юмором рассказывать об этом. Он также был склонен к осмыслению методологической составляющей истории физики, и как прирожденный историк науки мог погрузиться в неисследованные проблемы давней истории, скажем электродинамики Максвелла и такой загадочной фигуры, как О. Хевисайд.

В июне 1976 г. в ИИЕТе состоялось обсуждение вышедшей в конце 1975 г. книги «Методологические принципы физики», коллективного труда под руководством Н.Ф. Овчинникова о принципах теоретизации физики XX в. Одним из наиболее содержательных и ярких было выступление БМ. Он говорил о реализации принципа единства физического знания двоякого рода: в смысле построения единой физической теории и в смысле методологического единства. Он говорил о том, что нынешние историки и философы науки, в отличие от тех, которые доминировали лет 20–30 тому назад, ничего не навязывают физикам, а изучают реальные ситуации из истории физики, чтобы понять, как создаются теории. С тех пор БМ все больше включался в сотрудничество с нами, регулярно выступая на семинаре, рецензируя наши работы, публикуя свои исторические работы и воспоминания в наших «Исследованиях по истории физики и механики». После смерти В.Л. Гинзбурга БМ сменил его в редколлегии этого издания и оставался в ней до самого конца. Он написал целый ряд статей по истории специальной теории

относительности (СТО). Привлекательны они, прежде всего, тем, как он добивается ясности, опираясь на детальный анализ первоисточников, например, главной работы Эйнштейна по СТО. Но больше всего поражает его книга о Хевисайде (1985), научно-биографический шедевр, который наводит на мысль о плодотворности «научно-биографического подхода» к истории физики. В предисловии В.Л. Гинзбург отметил «большую теплоту, сочувствие и понимание, с каким автор пишет о Хевисайде». С этой теплотой, сочувствием и пониманием Борис Михайлович на протяжении почти полувека относился и к нам и к нашим скромным трудам.

И еще один штрих. Мало кто помнит, а большинство вообще не знает, что Борис Михайлович был одним из переводчиков знаменитого максвелловского «Трактата об электричестве и магнетизме» (М.: Наука, 1989). А это не просто перевод, но многолетнее историко-научное исследование, проведенное целой командой физиков, высоких профессионалов: М.Л. Левин, М.А. Миллер, Е.В. Суворов, Б.М. Болотовский и И.Л. Бурштейн, – в которой Левин был редактором, Миллер и Суворов – редакторами и переводчиками, а Болотовский и Бурштейн – просто переводчиками. Однако такое распределение ролей было чисто условным, так как практически каждая фраза подвергалась всестороннему и тщательному обсуждению всей группой. Дело в том, что сам «Трактат» представляет собой не учебник, и даже не законченное и во всех отношениях выверенное произведение, а некую живую материю, творящуюся у вас на глазах. Тут и совсем новые сущности (например, электромагнитные волны, электромагнитная природа света), реальность которых еще требовала своего экспериментального подтверждения, и несформировавшаяся терминология, когда одна и та же величина в разных местах текста называется по-разному. Многие последователи и интерпретаторы Максвелла даже обвиняли его в неаккуратности и своеволии. На самом же деле это был поиск точного наименования и понимания того, что получается. Это у Максвелла. А что делать переводчикам (будем называть их так)? – Мало того что надо, по возможности, адекватно передать тот или иной термин на другом языке, который тоже многозначен, но по-другому. Надо еще почувствовать направление развития мысли и намерений автора внутри текста и при этом сохранить его стиль. Потому

и ушло на перевод Трактата около десяти лет кропотливого труда.

За что бы ни брался Борис Михайлович, он всегда делал это с подлинным внутренним интересом, добросовестно и изысканно и никогда не пытался подменить свое мнение общепринятой «безопасной» формулировкой, но выражал его так изящно, что придраться было не к чему. Пусть такой стиль его жизни служит нам постоянным напутствием.

АННОТАЦИИ

Ю.С. Владимиров

Развитие представлений о реляционной картине мира

В фундаментальной физике XX века были представлены три подхода к физической реальности: теоретико-полевой (ныне доминирующий), геометрический и реляционный, развивающий идеи Лейбница и Маха. Современное состояние фундаментальной физики свидетельствует о назревшей необходимости использования идей реляционного подхода. В данной статье изложена суть этого подхода и показана история развития представлений о трех составляющих реляционной картины мира:

1) реляционного понимания природы классического пространства-времени, 2) описания физических взаимодействий на основе концепции дальнего действия, альтернативной общепринятой концепции близкого действия и 3) принципа Маха. Формирование каждой из трех составляющих происходило в острых дискуссиях с альтернативными точками зрения, присущими двум другим подходам к физической реальности. В заключительной части статьи показаны достижения и перспективы развития реляционного подхода.

Е.М. Беркович

«Наши в Европе». Советские физики и «революция вундеркиндов»

В работе рассматривается состояние физики в Советском Союзе в годы, когда зарождалась и строилась квантовая механика – двадцатые годы XX века. Для сравнения анализируется научный ландшафт Европы в те же годы. Особое внимание уделяется советским физикам, получившим тогда же возможность выехать на Запад и работать в ведущих научных центрах Европы – в Гёттингене, Копенгагене, Цюрихе, Гамбурге, Берлине... Рассматриваются фрагменты научных биографий Льва Ландау, Юрия Румера, Абрама Иоффе, Сергея Вавилова, Александра Фридмана, Якова Френкеля, Юрия Круткова. Отмечается роль Пауля Эренфеста в становлении российской школы теоретической физики. Главной причиной отсутствия советских ученых в числе создателей квантовой механики названо отсутствие сложившихся школ физиков-теоретиков, которые сложились позже, в 30-х и 40-х годах XX века.

А.В. Кессених

Идеологические «разборки», Советский атомный проект и выступление комсомольцев физфака в 1953 г.

В октябре 1953 IV отчетно-выборная конференция ВЛКСМ физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова выступила против извращенной идеологическими установками научно-педагогической политики администрации факультета и университета. Выступление студентов почти совпало по времени (ноябрь 1953) с авторитетным заявлением ряда руководителей Академии наук и Совета министров СССР, инициированным ведущими учёными Атомного проекта СССР, после кото-

рого была создана комиссия ЦК КПСС во главе с В.А. Малышевым. А по итогам работы комиссии в августе 1954 была проведена существенная реорганизация физического факультета. Были сняты с должностей декан и его заместитель, удалены из МГУ наиболее одиозные фигуры. К преподаванию привлечены ведущие отечественные физики. Такое совпадение породило высокую самооценку комсомольцев физического факультета, сознание своей эффективной вовлечённости в общественную и научную жизнь. Даётся хронология событий, предшествующих и последующих упомянутым, оценка позиции и последующей судьбы ряда активных участников выступления 1953 г.

А.С. Сонин

Первая постсоветская дискуссия о науке и Боге

В работе рассказано о первой постсоветской дискуссии между учеными о связи науки и вере в Бога. Дискуссия проходила на страницах газеты научного сообщества «Поиск» в 1997–1998 годах. Дискуссия была инициирована американским профессором Ф. Джонсоном. В дискуссии принимали участие иностранные и наши физики. Иностранцы выступали за возможность существования Бога, наши были против. В результате каждый остался при своем мнении.

Г.Б. Малыкин

Система инерциальной навигации Кофмана–Левенталья

В 1932 г. в СССР впервые в мире был изготовлен действующий макет инерциальной навигационной системы, позволяющей автономно, без связи с внешним миром, вычислять местоположение и скорость движущегося объекта. Однако практическое применение этой системы было осуществлено в 30-е–40-е гг. в Германии, в конце 40-х–начале 50-х гг. в США и только позднее в СССР. Рассмотрены причины такого развития событий.

А.В. Кессених

ЯМР на кафедре радиофизики СВЧ физфака МГУ – в зоне обмена между физикой и химией.

(Рождение научных школ в химии по инициативе физиков)

Первая в МГУ и на физфаке МГУ работа по ядерному магнитному резонансу (ЯМР) напечатана в Журнале теоретической и экспериментальной физики С.Д. Гвоздовером и А.А. Магазаником в 1950 году. В связи с 70-летием этого события рассмотрена роль физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и особенно кафедры СВЧ (радиотехники) в освоении, развитии и внедрении метода ЯМР в химические и медико-биологические исследования в СССР и России. Отмечен основатель ЯМР в МГУ С.Д. Гвоздовер, а также отмечен и работавший на кафедре Ю.С. Константинов, вырастивший десятки специалистов по химической спектроскопии ЯМР, вышедших с кафедры радиотехники физфака. Описана биография участника создания одной из важнейших отечественных лабораторий химической радиоспектроскопии ЯМР, ставшего профессиональным химиком, В.В. Негребецкого.

Г.Б. Малыкин

Сто лет тахионам. Доклад Л.Я. Штрума на Втором съезде Российской ассоциации физиков

Доклад Л.Я. Штрума посвящен теоретическому обоснованию возможности существования процессов, распространяющихся со скоростью, большей скорости света. Рассмотрение проводится в четырехмерном пространстве Минковского. Таким образом, еще в 1921 г. Л.Я. Штрум предсказал возможность существования тахионов.

Е.М. Беркович

Трагедия Эйнштейна, или счастливый Сизиф

В работе рассматриваются научные результаты Альберта Эйнштейна в последние 30 лет его жизни. Обсуждается его неприятие квантовой механики как окончательной модели микромира. Статистический характер квантовой теории он связывал с неполным описанием физических систем. Основное внимание в работе уделяется настойчивым попыткам Эйнштейна построить единую теорию поля, из которой следовали бы и законы общей теории относительности, и законы Максвелла электромагнитного поля. Показан новый стиль научного творчества Эйнштейна, при котором на первый план выходят соображения красоты и математической простоты теории, а не физические факты, которые необходимо теоретически объяснить. Несмотря на постоянные неудачи в построении теории, которая до сих пор так и не построена, последние годы Эйнштейна неверно было бы оценивать только негативно, а его самого представлять неудачником. По мнению многих авторитетных физиков, усилия Эйнштейна в последние годы не пропали бесследно, и будущее развитие науки еще подтвердит правильность многих его взглядов и подходов.

А.В. Виноградов

Н.Г.Басов во главе Физического института Академии Наук СССР (1973–1988)

Н.Г. Басов – лауреат Нобелевской премии по физике, один из пионеров мазеров и лазеров. Их открытие относится к самым ярким достижениям физики XX века. Оно повлияло не только на науку, но и на повседневную жизнь. Н.Г. Басов внес в это выдающийся личный вклад. Научный путь, начиная с 1948 г. в качестве студента, затем лаборанта и до директора он прошёл в Физическом институте им. П.Н. Лебедева Российской Академии наук. В статье рассказывается о деятельности Н.Г. Басова, как директора, и частично, как заместителя директора ФИАН. Автор является современником, а иногда и участником описываемых событий.

Вл.П. Визгин

У истоков Стандартной модели в физике фундаментальных взаимодействий

В статье исследуется начальный этап в истории создания Стандартной модели в физике фундаментальных взаимодействий. Процесс построения этой объединенной теории сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий в физике элементарных частиц растянулся примерно на два десятилетия, начиная с 1954 г. вплоть до начала – середины 1970-х гг. В 1954 г. Ч. Янг и Р. Миллс выдвинули локально-калибровочную теорию сильных взаимодействий, основанную на локализации внутренней симметрии, которая легла в основу Стандартной модели. Теория не получила признания из-за проблемы массы – безмассовости калибровочных частиц. Эта же проблема помешала В. Паули опубликовать аналогичную теорию несколько ранее. На этом примере обсуждается феномен упущенных возможностей. Тогда же ряд теоретиков, прежде всего Л.Д. Ландау с сотрудниками и И.Я. Померанчук, пришли к выводу об исчезновении электромагнитного и других взаимодействий из-за экранировочного эффекта точечных зарядов, возникающего при поляризации квантовополевого вакуума (проблема или парадокс нулевого заряда). В результате, большинство теоретиков в конце 1950-х–начале 1960-х гг. отказались от полевой программы, включающей в себя и теорию Янга–Миллса, в пользу феноменологической программы, связанной с теорией S-матрицы. Особенно негативно это обстоятельство сказалось на отечественном вкладе в разработку Стандартной модели. Таким образом, исходный поворотный момент в истории создания Стандартной модели, связанный с созданием теории Янга–Миллса, перешел в скрытую форму. Казавшийся же поворотным переход к S-матричной феноменологической программе оказался ошибочным. Подчеркнута также эвристическая роль ошибочных направлений истории создания Стандартной модели.

К.А. Томилин

Системы уравнений электродинамики у Дж.К. Максвелла

В статье приводятся уравнения Дж.К. Максвелла 1855–1873 гг., образующие системы уравнений классической электродинамики. В докладе 1856 г. Максвеллом был представлен список шести основных законов, который образовывал систему для случая замкнутых токов, но не позволял описывать свободные поля. В статье 1861 г. Максвелл ввел ток смещения, что позволило, в частности, описать свет как электромагнитные колебания в среде. Из уравнений 1861 г. можно сформировать две системы – минимальную (только напряженности), которую позже взял за основу Г. Герц, и расширенную (напряженности и потенциалы), которую развивал Дж.К. Максвелл, вводя полный (истинный) ток и индукции как вектора, геометрически отличающиеся от напряженностей. В докладе 1864 г. Максвелл представил систему уравнений, которые с современной точки зрения являются 6 векторными и 2 скалярными уравнениями. В статье 1868 г. Максвеллом была указана система для свободных полей из 4 основных уравнений для 4 векторных величин, которые составляли основу электромагнитной теории

света. Это показывает, что такая подсистема могла иметь эвристическое значение для введения Максвеллом тока смещения в 1861 г. В «Трактате об электричестве и магнетизме» Максвелл расширил систему до 12 уравнений – 11 векторных и 1 скалярного. В свои системы уравнений Максвелл неизменно включал закон Ома, который сейчас рассматривается отдельно от основных уравнений электродинамики. Уравнения, называемые ныне «первой парой» уравнений электродинамики, Максвелл формально не включил в систему уравнений, поскольку они в рамках системы понятий с векторным потенциалом приобрели характер математического тождества, однако, как видно по статье 1868 г., они составляли скрытое ядро системы.

Г.Б. Малыкин

Ревизия теорий «светоносного эфира» Гансом Витте накануне создания специальной теории относительности.

В конце мая 1903 г. М. Планк поручил своему аспиранту Г. Витте провести полную ревизию и классификацию известных на то время теорий «светоносного эфира». Проведенный Г. Витте анализ показал, что ни одна из почти ста теорий не может адекватно описать уравнения Максвелла (УМ) [1]. К моменту защиты диссертации Г. Витте его результаты в значительной мере утратили свою актуальность, поскольку она произошла через месяц после создания А. Эйнштейном специальной теории относительности (СТО). В работе рассмотрены важные научные результаты Г. Витте в области СТО и, в частности, эффекта Саньяка, полученные в период 1906–1914 гг., а также его дальнейшая драматическая жизнь.

А.С. Сонин

Ганс Цохер и проблема асимметрии кристаллов

В статье рассмотрены забытые работы выдающегося немецкого физика Ганса Цохера по кристаллофизике. Он ввел в кристаллофизику и в общую физику понятие об асимметрии кристаллов и на ее основе рассмотрел и классифицировал физические свойства кристаллов. Идея асимметрии позволила предсказать новые физические эффекты в кристаллах.

П.Н. Антонюк

Уравнение состояния идеального газа: историко-математический взгляд (дополнение)

Рассматривается простой вывод знаменитой формулы Больцмана, связывающей энтропию и вероятность. В основе вывода лежит уравнение состояния идеального газа. Также рассматривается закон Амага, двойственный закону Дальтона.

В.В. Кудрявцев

Вадим Алексеевич Ильин (1941–2019).

Рассказано о научной и педагогической деятельности Вадима Алексеевича Ильина, известного педагога, выдающегося представите-

ля радиофизической школы МПГУ, талантливого историка науки, создателя собственной научно-педагогической школы в области радиофизики, методики преподавания физики и ее истории.

Б.Л. Альтшулер

Памяти Бориса Михайловича Болотовского

28 мая с.г. ушел из жизни Борис Михайлович Болотовский, сотрудник Отделения теоретической физики ФИАН в течение 70 лет, специалист в области электродинамики быстро движущихся заряженных источников, в том числе сверхсветовых «зайчиков», автор книг и статей по истории науки – об Оливере Хевисайде, Барухе Спинозе и др., а также автор знаменитого гимна студентов-физиков «Дубинушка». Статья посвящена его памяти.

В.Е. Рок

Мой профессор, учитель и друг

Автор рассказывает о том, как студенческое знакомство с профессором Борисом Михайловичем Болотовским в начале 1972 г. дало возможность приобщиться к научной работе, преодолеть стоявшие на пути к этому препятствия, узнать подробности некоторых страниц истории советской и мировой науки и приобрести в лице Бориса Михайловича наставника и бесценного друга, неизменно поддерживавшего автора в течение более чем 49 лет. К сожалению, эти отношения оборвала смерть Б.М. Болотовского от ковид-19 28 мая 2021 года. Осталась с нами светлая память об этом талантливом ученом и прекрасном человеке, справедливом, искреннем, заботливом и жизнерадостном, даже в трудных обстоятельствах не терявшем прекрасное чувство юмора.

ABSTRACTS

Yu.S. Vladimirov

Developing ideas about the relational picture of the world

In the fundamental physics of the twentieth century, three approaches to physical reality were presented: theoretical-field (now dominant), geometric and relational, developing the ideas of Leibniz and Mach. The current state of fundamental physics testifies to the overdue need to use the ideas of a relational approach. This article outlines the essence of this approach and shows the history of the development of ideas about three components of the relational picture of the world: 1) a relational understanding of the nature of classical space-time, 2) a description of physical interactions based on the concept of long-range action, an alternative generally accepted concept of close interaction and 3) the Mach principle. The formation of each of the three components took place in sharp discussions with alternative points of view inherent in the other two approaches to physical reality. The final part of the article shows the achievements and prospects for the development of a relational approach.

E.M. Berkovich

"Ours in Europe". Soviet physicists and the "Revolution of Prodigies"

The paper examines the state of physics in the Soviet Union in the years when quantum mechanics was born and built – the 20s of the twentieth century. For comparison, the scientific landscape of Europe in the same years is analyzed. Particular attention is paid to Soviet physicists, who at the same time received the opportunity to travel to the West and to work in the leading scientific centers of Europe – in Göttingen, Copenhagen, Zurich, Hamburg, Berlin ... Fragments of scientific biographies of Lev Landau, Yuri Rumer, Abram Ioffe, Sergei Vavilov, Alexander Friedman, Yakov Frenkel, Yuri Krutkov are considered. The role of Paul Ehrenfest in the formation of the Russian school of theoretical physics is noted. The main reason for the absence of Soviet scientists among the founders of quantum mechanics is the absence of established schools of theoretical physicists, which emerged later, in the 30s and 40s of the XX century.

A.V. Kessenikh

Ideological "showdown", the Soviet Atomic Project and the protest of the Komsomol members at the Faculty of Physics MSU in 1953

In October 1953, the IV Reporting and Election Conference of the Komsomol at the Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University opposed the perverted ideological guidelines of the scientific and pedagogical policy of the administration of the faculty and the University. The students action almost coincided in time (December 1953) with an authoritative statement by a number of leaders of the USSR Academy of Sciences and the Council of Ministers of the USSR, initiated by leading scientists of the

USSR Atomic Project, after which a committee of the Central Committee of the CPSU was created, headed by V.A. Malyshev. And according to the results of the commission's work, in August 1954 a substantial reorganization of the physics department was carried out. The dean and one of the deputy deans were removed from their posts, the most odious figures were removed from Moscow State University. Leading physicists are involved in teaching. This coincidence gave rise to a high self-esteem of the Komsomol members of the Faculty of Physics, a consciousness of their effective involvement in social and scientific life. A chronology of events preceding and following the above is given, an assessment of the position and subsequent fate of a number of active participants in the 1953 action.

A.S. Sonin

The first post-Soviet discussion on science and God

The work tells about the first post-Soviet discussion between scientists about the connection of science and theism. The discussion took place on the pages of the newspaper of the scientific community "Poisk" in 1997–1998. The discussion was initiated by American professor F. Johnson. Foreign and Russian physicists took part in the discussion. Foreigners advocated the possibility of the existence of God, ours were against. As a result, everyone has remained in one's own opinion.

G.B. Malykin

Kofman–Leventhal inertial navigation system

In 1932, for the first time in the world, in the USSR there was produced a valid model of an inertial navigation system that allows you to independently, without communication with the outside world, to calculate the location and velocity of a moving object. However, the practical application of this system was carried out in the 30ths – 40ths in Germany, in the late 40ths – early 50ths in the USA and only later it was done in the USSR. The reasons for such development of events are considered.

A.V. Kessenich

NMR at the Chair of Radiophysics of the Microwave of Physics Department, Moscow State University as the exchange zone between physics and chemistry

The first work on nuclear magnetic resonance (NMR) at Moscow State University and at Physics Department of Moscow State University was published in the Journal of Theoretical and Experimental Physics by S.D. Gvozdover and A.A. Magazannick in 1950. In connection with the 70th anniversary of this event, the role of the Physics Department of Lomonosov Moscow State University and especially the Chair of Microwave (Radio Engineering) in adaptation, development and application of the NMR method to chemical and biomedical research in the USSR and Russia was considered. S.D. Gvozdover who was the founder of NMR at Moscow State University is noted. And Yu.S. Konstantinov, who also worked at the chair and grew dozens of specialists in chemical spectroscopy of NMR come from the Chair of Radio Engineering of Physics Department, is also

noted. A biography of the participant in the creation of one of the most important domestic laboratories of chemical radio spectroscopy of NMR, who became a professional chemist, V.V. Negrebetsky, is described.

G.B. Malykin

Tachyons are a hundred years old. L.Ya. Shtrum's report at the Second Congress of the Russian Association of Physicists

Report of L.Ya. Shtrum is devoted to the theoretical substantiation of the possibility of the existence of processes propagating at a speed greater than the speed of light. The consideration is carried out in the four-dimensional Minkowski space. Thus as early as 1921 L. Ya. Strum had predicted the possibility of the existence of tachyons.

E.M. Berkovich

Einstein's tragedy, or happy Sisyphus

The work examines the scientific results of Albert Einstein in the last 30 years of his life. His rejection of quantum mechanics as the ultimate model of the microworld is discussed. He associated the statistical nature of quantum theory with an incomplete description of physical systems. The main attention in the work is paid to Einstein's persistent attempts to construct a unified field theory, from which both the laws of general relativity and Maxwell's laws of the electromagnetic field would follow. A new style of Einstein's scientific creativity is shown, in which considerations of beauty and mathematical simplicity of the theory come to the fore, rather than physical facts that need to be theoretically explained. Despite constant failures in constructing a theory, which has not yet been built, it would be wrong to evaluate Einstein's last years only negatively, and to present him as a failure. According to many respected physicists, Einstein's efforts in recent years have not disappeared without a trace, and the future development of science will still confirm the correctness of many of his views and approaches.

A.V. Vinogradov

N.G. Basov as the head of the Physical Institute of Academy of Sciences of the USSR (1973–1988)

N.G. Basov is a Nobel laureate in physics, one of the pioneers of masers and lasers. Their discovery is one of the most striking achievements of physics of the twentieth century. It has influenced not only science but also everyday life. N.G. Basov made an outstanding personal contribution to this. The scientific path, starting in 1948 as a student, then as a laboratory assistant and up to director, he passed at the P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences. The article describes the activities of N.G. Basov, as director, and partially, as deputy director of LPI. The author is a contemporary and sometimes a participant in the events described.

Vl.P. Vizgin

At the origins of the standard model in the physics of fundamental interactions

The article explores the initial stage in the history of the creation of the standard model in the physics of fundamental interactions. The process of constructing this unified theory of strong, weak and electromagnetic interactions in particle physics lasted about two decades, from 1954 to the beginning - the mid-1970s. In 1954, C. Yang and R. Mills put forward a local gauge theory of strong interactions based on the localization of isospin symmetry, which formed the basis of the standard model. The theory was not recognized because of the problem of mass – the masslessness of gauge particles. The same problem prevented Pauli from publishing a similar theory a little earlier. This example discusses the phenomenon of missed opportunities. At the same time, a number of theorists, especially L.D. Landau with collaborators and I.Y. Pomeranchuk, came to the conclusion about the disappearance of electromagnetic and other interactions due to the shielding effect of point charges, which occurs by the polarization of the quantum field vacuum (problem or paradox of zero charge). As a result, most theorists in the late 1950s and early 1960s abandoned a field program that included the Yang-Mills theory in favor of a phenomenological program related to the S-matrix theory. This fact has had a particularly negative impact on the domestic contribution to the development of the standard model. Thus, the initial turning point in the history of the standard model, associated with the creation of the Yang-Mills theory, has moved into a hidden form. The seemingly turning transition to the S-matrix phenomenological program turned out to be wrong. The heuristic role of the erroneous directions of the history of the creation of the standard model is also emphasized.

K.A. Tomilin

Maxwell's systems of electrodynamics equations

The article presents the equations of J.C. Maxwell in 1855–1873, forming systems of equations of classical electrodynamics. In a report in 1856, Maxwell presented a list of six basic laws, which formed a system for the case of closed currents, but did not allow describing free fields. In an article in 1861, Maxwell introduced a displacement current that made it possible, in particular, to describe light as electromagnetic oscillations in a medium. From the Maxwell's equations of 1861, two systems can be formed – the minimal system (only strengths), which was later taken as a basis by H. Hertz, and the extended one (strengths and potentials), which was developed by J.C. Maxwell by means of introduction the total (true) current and inductions as vectors geometrically different from the strengths. In a report in 1864, Maxwell presented a system of equations that, from the modern point of view, are 6 vector and 2 scalar equations. In the article in 1868, Maxwell indicated a system for free fields of 4 basic equations for 4 vector quantities, which formed the basis of the electromagnetic theory of light. This shows that such subsystem could have a heuristic significance for Maxwell's introduction of the displacement current in 1861. In his "Treatise on Electricity and Magnetism," Maxwell expan-

ded the system to 12 equations – 11 vector and 1 scalar ones. In his systems of equations, Maxwell invariably included Ohm's law, which is now considered separately from the system of general equations of electrodynamics. The equations, now called the "first pair" of Maxwell's equations, were not formally included by Maxwell in the system of equations, as they, within the framework of a system with a vector potential, obtained the character of mathematical identity. However, as it can be seen from the article in 1868, they constituted the hidden core of the system.

G.B. Malykin

Revision of the theories of the "light-bearing ether"

by Hans Witte before creation of the special theory of relativity

At the end of May 1903, M. Plank instructed his graduate student H. Witte to conduct a complete revision and classification of the theories of the "light-bearing ether" known at that time. H. Witte's analysis showed that none of almost a hundred theories can adequately record Maxwell's equations (UM) [1]. By the time H. Witte defended his dissertation, his results had largely lost their relevance because it occurred a month after A. Einstein created the special theory of relativity (STO). In this work the important scientific results of H. Witte in the field of STO, obtained in the period 1906–1914, and in particular the Sagnac effect are considered. And also Witte's further dramatic life is described.

A.S. Sonin

Hans Zocher and the problem of crystal asymmetry

The article considers the forgotten works of the outstanding German physicist Hans Zocher on crystal physics. He introduced the concept of crystal asymmetry into crystal physics and general physics and on its basis examined and classified the physical properties of crystals. The idea of asymmetry made it possible to predict new physical effects in crystals.

P.N. Antonyuk

The ideal gas law: historical and mathematical view (Addition)

A simple derivation of the famous Boltzmann formula connecting entropy and probability is considered. The conclusion is based on the ideal gas law. Also Amagat's law, which is dual to Dalton's law, is considered.

V.V. Kudryavtsev

Vadim Alekseevich Ilyin (1941–2019)

The scientific and pedagogical activities of Vadim Alekseevich Ilyin, who was a famous teacher, an outstanding representative of the radiophysical school of the MSPU, a talented historian of science, a creator of a scientific and pedagogical school in the field of radiophysics, methods of teaching physics and its history are told.

B.L. Altshuler

In memory of Boris Mikhailovich Bolotovskiy

On May 28, 2021, Boris Mikhailovich Bolotovskiy, an employee during 70 years of the Department of Theoretical Physics of the P.N. Lebedev Physical Institute (LPI), passed away. He was a specialist in the field of electrodynamics of fast-moving charged sources, including superluminal reflections of a light beam, the author of books and articles on the history of science – about Oliver Heaviside, Baruch Spinoza and others, as well as the author of the famous anthem of physics students "Dubinushka". The article is dedicated to his memory.

V.E. Rok

My professor, teacher and friend

The author describes how a student's acquaintance with Professor Boris Mikhailovich Bolotovskiy at the beginning of 1972 made it possible for him to join scientific work, overcome obstacles that stood in the way, learn the details of some pages from the history of both Soviet and the global science, and acquire a mentor in the person of Boris Mikhailovich as well as an invaluable friend who has consistently supported the author for over 49 years. Unfortunately, the relationship was cut short by the death of B.M. Bolotovskiy from COVID-19 on May 28, 2021. The bright memory of this talented scientist and wonderful person, fair, sincere, caring, and cheerful, remains with us. He did not lose a wonderful sense of humor even under difficult circumstances.

Научное издание

Коллектив авторов

Исследования по истории физики и механики. 2019—2020

Сдано в набор 19.08.2021. Подписано в печать 20.09.2021.
Формат 60x88/16. Бумага офсетная №1. Печать офсетная.
Уч.-изд л. 31. Физ.п.л. 26,25. Тираж 300. Заказ № 5367

ООО «Издательство «Янус-К».
127411, Москва, ул. Учинская, д.1

Отпечатано в ООО «Буки-Веди»,
119049, Москва, Ленинский проспект, д.4 стр 1А