

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



**ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПО ИСТОРИИ  
ФИЗИКИ И МЕХАНИКИ  
2012–2013**

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



Москва  
Физматлит  
2014

УДК 530+531

ББК 223Г

И 88

Издание основано в 1985 г.

Редакционная коллегия:

доктор физико-математических наук Вл.П. ВИЗГИН (председатель),  
кандидат физико-математических наук Н.В. ВДОВИЧЕНКО

(заместитель председателя),

кандидат физико-математических наук К.А. ТОМИЛИН  
(ученый секретарь),

член-корреспондент РАН Л.И. ПОНОМАРЕВ,

доктор физико-математических наук Б.М. БОЛОТОВСКИЙ,

доктор физико-математических наук А.В. КЕССЕНИХ,

доктор физико-математических наук Г.К. МИХАЙЛОВ

Редактор-составитель: Н.В. ВДОВИЧЕНКО

**Исследования по истории физики и механики. 2012–2013 / Ин-т истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН: отв. ред. Вл.П. Визгин. — М.: Физматлит, 2014. — 560 с. — ISBN 978-5-94052-240-9 (в пер.)**

В сборник входят материалы, посвящённые 100-летию юбилею со дня рождения одного из первых членов редколлегии этого издания — известного историка механики А.Н. Боголюбова, памяти крупного физика-ядерщика, чл.-корр. АН И.И. Гуревича (в связи с его столетием), столетию статьи Н. Бора об атоме водорода и сразу нескольким датам, связанным с открытием магнитных свойств ядер. В раздел отечественной истории науки вошла подборка статей по восприятию теории относительности различными слоями культурного сообщества России и «расследование» факта избрания С.И. Вавилова на пост Президента АН СССР в пору, когда его брата упрятали в тюрьму и довели до гибели. В сборнике представлена история развития некоторых физических идей, связанных с кулоновыми симметриями, ЯМР и открытием квазикристаллов. В сборник вошли также воспоминания Б.М. Болотовского о крупном физикетеоретике Ю.А. Гольфанде и приуроченные к 100-летию общей теории относительности материалы Третьей международной гравитационной конференции 1962 г. в Варшаве. Кроме того, предлагается знакомство с самым большим в мире американским естественнонаучным музейным комплексом — Смитсоновским институтом.

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

**Historical studies in physics and mechanics. 2012–2013 / Institute for the History of Science and Technology of the RAS: ed. by Vl.P. Vizgin. — M.: Fizmatlit, 2014. — 560 p. — ISBN 978-5-94052-240-9 (in cloth.)**

The collection includes the materials, devoted to centenary from the date of the birth of one of the first associate editors of this edition, the known historian of mechanics A.N. Bogolyubov; created in Kurchatov institute by the eminent nuclear physicist, corresponding member of Academy of Sciences I.I. Gurevich (in connection with his centennial), to centennial of Bohr's article on hydrogen atom as well as to several dates related to the discovery of the magnetic properties of nuclei. Several articles about the perception of the relativity theory by the different layers of the cultural community in Russia and "investigate" the election of academician S.I. Vavilov for President of the Academy of Sciences of the USSR at the time that his brother was imprisoned and died there, form a part of the national history of science. In the collection the history of development of some physical ideas connected with Coulomb symmetries, NMR and the quasi-crystals discovery which became the Nobel Prize winner in chemistry for 2011, are presented. The collection includes recollections of B.M. Bolotovski about the eminent theoretical physicist Yuri Gol'fand and also materials of the Third International Gravitational Conference 1962 in Warsaw, the publication of which is timed to coincide with the 100th anniversary of the general theory of relativity. Besides that acquaintance to the largest in the world the American science museum complex "Smithsonian institute" is offered.

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

© ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН, 2014

ISBN 978-5-94052-240-9

© ФИЗМАТЛИТ (оформление), 2014

# СОДЕРЖАНИЕ

От редколлегии . . . . . 7

## I. ИССЛЕДОВАНИЯ, ВОСПОМИНАНИЯ, РАЗМЫШЛЕНИЯ (в связи с юбилейными датами)

**И.А. Тюлина, В.Н. Чиненова, И.К. Зубова**  
Алексей Николаевич Боголюбов как историк механики  
(к 100-летию со дня рождения) . . . . . 11

**К.Н. Мухин**  
Полвека в мире элементарных частиц (история исследований  
по физике л-мезонов в Курчатовском институте) . . . . . 43

**А.В. Кессених**  
Эдвард Миллз Пёрселл, Феликс Блох и открытие магнитного  
резонанса (к 100-летию Э.М. Пёрселла) . . . . . 101

**Я.И. Грановский**  
Атом водорода (к 100-летию статьи Н. Бора) . . . . . 132

## II. НЕКОТОРЫЕ ГЛАВЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКИ

**В.П. Визгин**  
Теория относительности за пределами точного естествознания:  
Россия, 1920-е годы . . . . . 155

**А.С. Сонин**  
Восприятие теории относительности в советской философской  
литературе в 1920–1930-е годы . . . . . 192

**А.С. Сонин**  
Восприятие теории относительности советскими философами и  
«философствующими» физиками в период 1945–1960 гг . . . . 229

**К.А. Томилин**  
Теория относительности в научно-популярной литературе 1910–  
1920-х годов . . . . . 272

В.В. Тёмный	
Как С.И. Вавилов мог стать Президентом Академии наук СССР после осуждения и гибели в тюрьме родного брата? (Версия) . . .	295
К.Н. Мухин	
Воспоминания ветерана Курчатовского института о двух первоочередных работах по атомному проекту СССР . . . . .	309
Б.М. Болотовский	
Памяти Юрия Абрамовича Гольфанда . . . . .	337

### III. ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

Ю.С. Владимиров	
Третья Международная гравитационная конференция в Варшаве . . . . .	410
Я.И. Грановский	
Кулоновы симметрии . . . . .	451
А.В. Кессених	
Кросс-эффект в динамической поляризации ядер на перекрёстке между физикой и химией . . . . .	465
П.Н. Антонюк, Я.В. Кучериненко	
Квазикристаллы — новое направление в кристаллографии . . .	513
И.С. Дровеников	
«Для приумножения и распространения знаний...» . . . . .	522

### IV. ПАМЯТИ УЧЁНОГО

Александр Дмитриевич Суханов (1936–2012) (О.Н. Голубева, Ю.Г. Рудой) . . . . .	534
Аннотации . . . . .	549

# CONTENTS

From the Editorial Board

## I. RESEARCHES, MEMOIRS, REFLECTIONS (to the anniversaries)

I.A. Tjulina, V.N. Chinenova, I.K. Zubova

Alexey Nikolaevich Bogolyubov as the historian of mechanics  
(to the 100 anniversary from the date of his a birth)

K.N. Mukhin

Half a century in the world of elementary particles (the history of  
researches on pi-meson physics in Kurchatov institute)

A.V. Kessenikh

Edward Mills Purcell, Felix Bloch and discovery of magnetic  
resonance

Ja.I. Granovsky

The hydrogen atom  
(for the 100th anniversary of Niels Bohr's Article)

## II. FROM THE HISTORY OF RUSSIAN SCIENCE

V.P. Vizgin

The theory of a relativity outside exact natural sciences: Russia,  
1920th years

A.S. Sonin

Perception of the theory of a relativity in the Soviet philosophical  
literature in 1920–1930th years

A.S. Sonin

Perception of the theory of a relativity the Soviet philosophers and  
«philosophizing» physicists during 1945–1960th years

K.A. Tomilin

The theory of relativity in the popular scientific literature  
of 1910–1920th years

V.V. Temnyi

How could Sergey Vavilov become the President of the Academy of Sciences of the USSR after conviction and death in prison of his own brother? (The version)

K.N. Mukhin

Memoirs of the veteran of Kurchatov institute about pioneer researches on USSR Atomic Project

B.M. Bolotovskii

Memory of Yuri Abramovich Gol'fand

### III. THE SELECTED QUESTIONS OF THE HISTORY OF PHYSICS

Ju.S. Vladimirov

The third International gravitational conference in Warsaw

Ja.I. Granovsky

Coulomb symmetry

A.V. Kessenikh

Cross-effect in the dynamic nuclear polarization. At a crossroad of chemistry and physics

P.N. Antonyuk, Ya.V.Kucherinenko

Quasi-crystals as a new direction in crystallography

I.S. Drovenikov

“To the increase and diffusion of knowledge...”

### IV. IN MEMORIAM

Alexander Dmitrievich Sukhanov (1936–2012)  
(*O.N. Golubeva, Yu.G. Rudoy*)

Abstracts

## ОТ РЕДКОЛЛЕГИИ

Предлагаемый Вашему вниманию выпуск сборника на этот раз состоит из 4-х разделов. Первый, как всегда, — юбилейный. В него вошли четыре статьи. Одну, посвящённую столетней годовщине со дня рождения Алексея Николаевича Боголюбова, крупнейшего историка механики, члена-корреспондента Национальной Академии наук Украины, одного из бывших членов нашей редколлегии с момента организации этого издания, написали сотрудники кабинета истории математики И.А. Тюлина и В.Н. Чинёнова и преподаватель Оренбургского университета И.К. Зубова, которые долгие годы тесно сотрудничали с Алексеем Николаевичем. Однако это не мемуары, а исследование его творчества, где вместе с тем отражены и его жизненные перипетии, и история замечательной семьи, которая сформировала трёх замечательных учёных — не только Алексея Николаевича, но и его знаменитых братьев: математика и физика академика Николая Николаевича и филолога, тоже академика, Михаила Николаевича Боголюбовых. Другая статья (К.Н. Мухин) — история лаборатории по изучению л-мезонов в Курчатовском институте, созданной Исаем Исидоровичем Гуревичем, известным физиком-ядерщиком, чл.-корр. АН СССР, столетию которого в 2012 г. автор и посвящает её. Ещё один юбилей 2012 г. — это столетие со дня рождения замечательного американского физика XX столетия Эдварда М. Пёрселла, лауреата Нобелевской премии «за развитие новых тонких

методов измерения магнитных свойств ядер и связанные с этим открытия», разделившего её с Феликсом Блохом ровно 60 лет назад. Этому событию посвящена работа крупного специалиста в области ядерного магнитного резонанса (ЯМР) А.В. Кессениха. И, наконец, «Атом водорода» — статья Я.И. Грановского о создании и дальнейшей эволюции теории атома водорода, начало которой положила статья Нильса Бора, написанная сто лет назад и приведшая, в конечном счёте, к квантовой теории поля и теории элементарных частиц.

Во второй раздел «Некоторые главы отечественной истории науки» вошло семь работ, и первые четыре из них (Вл.П. Визгин, А.С. Сонин, К.А. Томилин) представляют некоторые фрагменты комплексного исследования по восприятию идей теории относительности различными научными и социальными слоями российского общества в первой половине XX века. В пятой работе (В.В. Тёмный) предложена ещё одна возможная версия объяснения того, каким образом С.И. Вавилов мог быть назначен на пост Президента Академии наук СССР, в то время как его брат Н.И. Вавилов был репрессирован и погиб в саратовской тюрьме. Кроме того, сюда включены воспоминания одного из старейших сотрудников Курчатовского института К.Н. Мухина о двух первоочередных работах по атомному проекту СССР, посвященные памяти И.В. Курчатова и воспоминания главного научного сотрудника ФИАН Б.М. Болотовского о Юрии Абрамовиче Гольфанде, талантливом физике-теоретике, авторе идеи *суперсимметрии* как принципа построения теории элементарных частиц, человеку драматической судьбы, с которым он проработал бок о бок более тридцати лет.

В третьем разделе собраны работы, относящиеся к разным разделам физики и механики, посвящённые или большим проблемам в той или иной области, или попытке рассмотреть их в исторической перспективе. Начинается он со статьи вице-президента Российского гравитационного общества, проф. физического факультета МГУ Ю.С. Владимирова о Третьей международной гравитационной конференции, проходившей в Варшаве в 1962 г. В



2013 г. в определенном смысле исполняется сто лет общей теории относительности (со времени публикации первой статьи А. Эйнштейна и М. Гроссмана «Проект обобщенной теории относительности и теории тяготения» (*Z. Math. und Phys.* 1913. Bd. 62. S. 225–261)), и естественно оглянуться назад и вспомнить, что думали и что ожидали от развития идей общей теории относительности ведущие физики-релятивисты, участвовавшие в работе Варшавской гравитационной конференции полвека назад. В статье Я.И. Грановского предпринята попытка в исторической перспективе осмыслить факт тесной связи нашей цивилизации с двумя задачами — строением Солнечной системы и атома — задачами, которые с точки зрения теории симметрии представляют одну и ту же проблему. В третьей статье — А.В. Кессениха — изложены основные идеи и некоторые подробности исследования динамической поляризации ядер. Этой проблеме автор посвятил часть жизни, работая в ФИАНе по рекомендации известного физика и поэта Валерия Милаева. В декабре 2011 г. Милаев скоропостижно скончался, поэтому в конце статьи автор написал несколько страниц в память о нём. Работа П.Н. Антонюка и Я.В. Кучериненко посвящена чрезвычайно интересной и актуальной теме — истории открытия квазикристаллов. За это самое открытие в 2011 г. была присуждена Нобелевская премия по химии. И наконец, последнее эссе — по существу, знакомство с самым большим в мире американским естественнонаучным музейным комплексом «Смитсоновский институт», который решает чрезвычайно важную задачу «распространения знаний» и привлечения к ним внимания всего общества (И.С. Дровеников). Помимо чисто музейной деятельности, институт выпускает телесериал «Смитсоновский мир», ежемесячный «Смитсоновский журнал», свыше 100 научных монографий в год, чтобы сообщить новые сведения о коллекциях и исследованиях смитсоновцев и просто о науке, технике, искусстве и их истории.

Заключает сборник мемориальный раздел. Наши авторы один за другим уходят, и уходят — навсегда. На этот

раз мы прощаемся с замечательным физиком-теоретиком, просветителем и издателем, который очень активно сотрудничал с нашим сектором и многократно печатался на страницах сборника «Исследования по истории физики и механики», — Александром Дмитриевичем Сухановым.

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

# **I. ИССЛЕДОВАНИЯ, ВОСПОМИНАНИЯ, РАЗМЫШЛЕНИЯ** **(в связи с юбилейными датами)**

---

---

**И.А. ТЮЛИНА, В.Н. ЧИНЕНОВА**  
*Московский государственный университет*  
*им. М.В. Ломоносова*

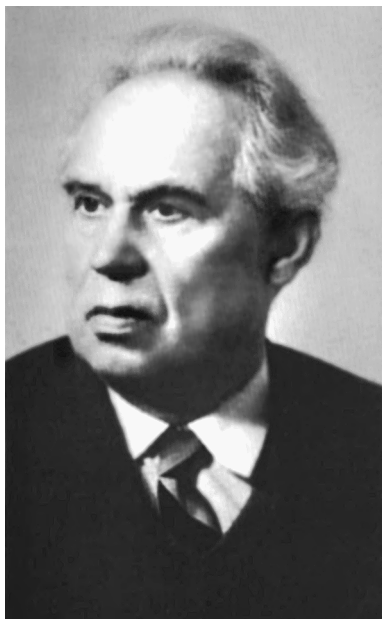
**И.К. ЗУБОВА**  
*Оренбургский государственный университет*

## **АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ БОГОЛЮБОВ** **КАК ИСТОРИК МЕХАНИКИ** **(к 100-летию со дня рождения)**

Алексей Николаевич Боголюбов (1911–2004) — известный учёный, выдающийся историк естествознания, член-корреспондент НАН Украины, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники, старейший сотрудник Института математики НАН Украины.

А.Н. Боголюбов являлся создателем и главой школы историков математики и механики Украины, талантливым педагогом, воспитателем научных кадров.

Он — автор многих ценных книг по истории механики и теории механизмов и машин, по истории техники, прекрасных биографических очерков о европейских и отечественных учёных и деятелях техники, а также уникального и всем нужного в качестве настольной книги «Биографического справочника. Математики, механики» (1938) [1].



**А.Н. БОГОЛЮБОВ**



Семья Боголюбовых

Алексей Николаевич Боголюбов родился 25 марта 1911 г. в городе Нежине (ныне Черниговской области) в семье профессора богословия Николая Михайловича Боголюбова (1872–1934). Его мать Ольга Николаевна (урожденная Люминарская) (1881–1965) окончила Нижегородское отделение Московской консерватории по классу рояля и преподавала музыку в Нижегородском институте благородных девиц.

Она привила своим детям не только глубокое понимание музыки, но и любовь к труду, стойкость в трудных обстоятельствах. Алексей Николаевич вспоминает о ней с большой теплотой: «Она была человеком высокой культуры и высоких нравственных принципов, преданная семье, в меру консервативных взглядов и глубоко религиозная. ... Она была умной и необыкновенно тактичной женщиной. Сыновья никогда не слышали от неё ни сетований, ни жалоб, ни нравоучений, и вместе с тем она была жизнерадостной и весёлой. ... Она всегда держалась с достоинством и поддерживала культ семьи: после кончины отца она стала главой семьи, и благодаря её нравственному влиянию, несмотря на то, что сыновья жили раздельно, чувство единой семьи у них сохранилось» [2. С. 8].

У О.Н. и Н.М.Боголюбовых было три сына. Старший, Николай Николаевич (1909–1992), был выдающимся фи-

зиком, академиком АН СССР, младший, Михаил Николаевич (1918–2011), — известный востоковед, профессор, академик РАН, в течение многих лет декан восточного факультета Санкт-Петербургского университета.

Многие существенные черты личности Алексея Николаевича определились уже в самый ранний период его духовного развития. В 1929 г., спасаясь от голода, семья вынуждена была переехать на два года в село Великая Круча на Полтавщине, где Николай Михайлович получил место сельского священника. (У Н.М. Боголюбова была реальная возможность остаться на преподавательской работе в Киеве, отказавшись от сана, но это было для него неприемлемо.)

Именно здесь, ещё ребенком, Алеша вошёл в «царство» машин и был покорён ими на всю жизнь. Описывая жизнь украинского села 20-х годов теперь уже прошлого века, он отмечает, что жители села использовали лишь ветряную мельницу, плуг, сеялку и веялку, ткацкий станок и гончарный круг. «Изредка летом в село привозили молотилку и локомобиль, и все мальчишки (среди которых был и



Братья Боголюбовы.

*Слева направо: Михаил, Алексей, Николай. Киев, 1939 г.*

автор книги<sup>1</sup>) мчались смотреть на “машину”. Учителя природоведения или физики приводили своих учеников на выгон, где была установлена “машина”, и объясняли принцип работы локомобиля. Всё это было очень интересно». Маленькому пытливому Алёше нужно было знать, *как* устроены часы, *почему* едет автомобиль и движется поезд и *как* машины заменяют физическую силу человека, его мастерство и умение?

В Великой Круче братья Боголюбовы Николай (11 лет) и Алексей (9 лет), бывшие киевские гимназисты, были приняты сразу в седьмой и шестой классы сельской школы. Следует заметить, что уровень знаний у мальчиков был достаточно высок благодаря домашнему образованию. Как вспоминает Алексей Николаевич, отец был очень талантливым педагогом; он учил сыновей немецкому, французскому, несколько позже — английскому, латинскому и греческому языкам и, самое главное, развивал в них исследовательский, творческий дух, готовил к смелому вхождению в незнакомый мир. Интересен эпизод из детства Алексея Николаевича, когда ему было лет шесть, он прочитал статью в энциклопедии о Египте и решил писать «Древнюю историю». Занятия с отцом языками и математикой продолжались и в Великой Круче (до конца 1921 г.), и позже в Киеве и Нижнем Новгороде.

Конечно, и влияние старшего брата было огромным. Николай Николаевич после возвращения семьи в Киев в 1922 г. посещал в университете семинар Д.А. Граве, а затем перешёл на кафедру математической физики, которой руководил Н.М. Крылов. Отметим, что тогда Коле было всего 13–14 лет. Именно благодаря хлопотам Н.М. Крылова, ставшего научным руководителем юного учёного, он был принят в аспирантуру «ввиду феноменальных способностей», как было отмечено в решении президиума УкрГлавнауки. Таким образом, Николай Николаевич стал аспирантом, имея только свидетельство об окончании семилетки!

Богатая духовная жизнь семьи, вынужденные переезды, чтение (на разных языках), мысли о Боге, о природе,

---

<sup>1</sup> Излагается по книге А.Н. Боголюбова «Творения рук человеческих. Естественная история машин» [13. С. 6].

об устройстве всего сущего, дружба с братьями, особенно с Николаем, — всё это способствовало формированию и развитию неординарной личности, исследователя, учёного, философа. Не только рассудочное познание и эмпирическая наука, но и Дух, который связывает элементы природы, духовные миры и общество с высшим единым Началом, является основой Единства мира. И именно это Единство является методом в исследовательской работе Алексея Николаевича Боголюбова. В многочисленных монографиях, статьях, книгах отражён этот универсальный подход учёного. В историко-научных произведениях и научных биографиях он раскрывает истинный смысл факта, явления, механического принципа, побуждение, интуицию исследователя.

«Природа с красоты своей  
Покрова снять не позволяет,  
И ты машинами не вынудишь у ней,  
Чего твой дух не угадает».<sup>2</sup>

В 1925 г. Николай Михайлович, оставив старшего сына в Киеве, уехал с остальной семьёй на родину в Нижний Новгород, где получил место настоятеля Храма Всемилоливейшего Спаса. Младшие дети в Нижнем Новгороде стали учиться в школе. Алексей Николаевич окончил её в 1928 г. и «сразу попал в список лишенцев, поскольку советская власть решила, что ... сын священника не должен иметь никаких прав» [З. С. 93].

В том же году протоиерей Боголюбов был репрессирован, три года провёл в заключении и смог выйти из тюрьмы благодаря хлопотам жены и старшего сына, который к этому времени уже защитил докторскую диссертацию, стал лауреатом премии Болонской академии наук.

О первых годах своей жизни после окончания школы Алексей Николаевич в автобиографическом очерке сообщает только одной фразой: «Всё-таки благодаря добрым людям работу я получил. Трудился в учхозе Тимирязевской сельскохозяйственной академии, на строительстве моста через Оку<sup>3</sup>, на заводе «Свет шахтёра» в Харькове, в

---

<sup>2</sup> Владимир Соловьёв. Стихотворения. — М.: Б-ка журнала «Полиграфия». 1990. С. 7.

<sup>3</sup> В Нижнем Новгороде. — И.З.

УОЦИТ в Харькове, также в Запорожье» [З. С. 93]. Под «добрыми людьми» он, вероятно, в первую очередь подразумевал семью Артоболевских, с которой дружил всю жизнь.

Только в 1931 г. Алексею Николаевичу удалось поступить на математический факультет Харьковского университета. Стране нужны были математики. Так, на первом Всесоюзном съезде математиков, который проходил в Харькове в 1930 г., О.Ю. Шмидт, крупный алгебраист и в то же время член Советского правительства, сказал: «На рынке преподавателей высшей школы более всего не хватает математиков. Молодой человек, который занимается наукой, имеет все шансы стать профессором в 25 лет. Такая большая нужда! В стране, где строится социализм, где нужно уметь считать, нужно, чтобы это умение математически формулировать стоящие перед каждым задачи ... было всеобщим достоянием. Нам необходимо трудиться над тем, чтобы общая математическая культура у нас была выше, чем у других» [2. С. 50].

На физико-математическом факультете Алексей Николаевич встретил свою будущую жену Тамару Васильевну Морозову (1911–1998), которая была дочерью учителей. Как и Алексей Николаевич, она в это время вела уже совершенно самостоятельную жизнь. В 1936 г. оба они окончили университет. Тамара Васильевна защитила дипломную работу по геометрии, а Алексей Николаевич — по механике.

После окончания университета он сдал вступительные экзамены в аспирантуру Института математики и механики при Харьковском университете, но из-за происхождения не был туда принят. В это время он уже работал инженером в тресте «Укртракторремонт». «По совету моего научного руководителя, проф. В.М. Майзеля, — пишет Алексей Николаевич в автобиографическом очерке, — я поступил на третий курс механического факультета Харьковского машиностроительного института. Одновременно сдавал кандидатские экзамены и написал диссертацию на тему «Синтез механизмов», но не защитил её за недостатком времени» [З. С. 94].

Предвоенные годы, и в самом деле, были для него очень насыщенными. В 1937 г. ему была поручена организация





Алексей Николаевич Боголюбов с женой Тamarой Васильевной.  
1980-е годы

школы для эвакуированных детей испанских коммунистов. Алексей Николаевич стал директором этой школы и учителем физики и математики. Он всегда особенно тепло вспоминал своих учеников и вообще эти годы.

После окончания университета Алексей Николаевич работал инженером и решил продолжить образование в Харьковском машиностроительном институте (1936–1938). Университет дал математическую культуру и дисциплину ума, а машиностроительный институт и работа инженером помогли в реализации конкретного, реалистического мышления. Непосредственное наблюдение реально протекающих процессов, стремление моделировать теоретические рассуждения помогли Алексею Николаевичу стать замечательным специалистом в области теории машин и механизмов.

В эти же годы раскрылся педагогический талант Алексея Николаевича: он преподавал на различных курсах в Харьковском машиностроительном институте, в учебном комбинате Харьковского тракторного завода «Серп и молот». С 1937 по 1941гг. он был директором, заведующим учебной частью и преподавателем математики и физики в школе для испанских

детей, а также преподавал русский и украинский языки на заводских курсах для испанских политэмигрантов — бойцам-республиканцам, которые работали на харьковских заводах.

Активную научную и педагогическую деятельность прервала война... В 1944 г. он был репрессирован. В автобиографическом очерке он описал эти годы тоже очень кратко. «Сначала работал на шахте в Кайеркане машинистом подъёмной машины. Затем меня перевели в лагерь, обслуживавший строительство большой обогатительной фабрики в самом Норильске. Здесь работал с 1945 по 1953 гг., главным образом, на инженерных должностях...» [3. С. 95].

После амнистии, последовавшей в 1953 г., Алексей Николаевич был лишён права проживания в Киеве, поэтому работал около двух лет главным механиком Черкасского областного строительного треста. Жить с семьёй он смог только с 1955 г. С этого года по 1962 г. он работал в Министерстве высшего и среднего специального образования Украины.

В 1962 г. А.Н. Боголюбов защитил кандидатскую диссертацию на тему «Теория кинематических пар в историческом развитии». Его научным руководителем был И.И. Артоболевский, к тому времени уже крупный учёный, лауреат многих премий, с 1946 г. — академик.

После защиты диссертации Алексей Николаевич был принят на должность старшего научного сотрудника отдела истории математики Института математики Академии наук Украинской ССР (в конце 1962 г. отдел был переведён в Институт истории АН УССР). Одновременно с 1956 г. он преподавал теорию машин и механизмов и деталей машин на кафедре строительных машин Киевского инженерно-строительного института.

Следует отметить, что существенную часть творческой жизни А.Н.Боголюбова и в это время составляла педагогическая работа, которую он начал, еще будучи студентом старших курсов Харьковского университета. Эта работа нравилась Алексею Николаевичу, приносила ему истинное удовлетворение. В 1956 г. он начал чтение лекций, проведение практических и лабораторных занятий по курсу деталей машин, теории машин и механизмов в Киевском инженерно-строительном институте на кафедре строительных машин. Он преподавал в этом институте 25 лет и на

протяжении этого времени постоянно менял и совершенствовал читаемый студентам материал, всегда привнося в него элементы историзма, что делало лекции «живыми», очень интересными и увлекательными.<sup>4</sup> В 1972 г. ему присвоили звание профессора.

В отделе истории математики, которым руководил академик И.З. Штокало, Алексей Николаевич, как пишет он сам, «принял дела» от своего друга, И.Б. Погребысского, который в это время переехал в Москву в Институт истории естествознания и техники АН СССР. Эта «приёмка дел» означала, что А.Н. Боголюбов включился в работу по подготовке двух организованных И.Б. Погребысским трудов: «Украинской математической библиографии» и «Истории отечественной математики» [5]. Второй из них, планировавшийся первоначально как двухтомный, в процессе работы превратился в четырёхтомный. Первый том посвящён истории математики и математического естествознания до XVIII века включительно, второй — математике XIX века, третий и четвёртый — XX века. Подготовка этого огромного труда заняла несколько лет работы большого коллектива учёных, которым в качестве заместителей главного редактора руководили А.Н. Боголюбов и А.П. Юшкевич (ИИЕТ АН СССР). «Для написания отдельных разделов третьего и четвёртого томов, — писал Алексей Николаевич, — мы обращались к математикам, работавшим в разных городах Советского Союза. Иногда приходилось «на ходу» менять авторские коллективы отдельных разделов. Я взял на себя написание очерка о развитии математики в СССР в XX столетии. Очерк был издан в двух частях тиражом 50 экземпляров и выслан на рецензирование специалистам из различных областей математики. После этого с очерком ознакомились В.И. Смирнов и П.С. Александров, и лишь после их правок он был опубликован как первая часть третьего тома» [3. С. 96]. В 1970 г. в издательстве «Наукова думка» в Киеве вышел в свет четвёртый том, который пришлось издать в двух книгах. Отдельным томом была издана «История математического образования в СССР».

---

<sup>4</sup> См. статью: Тюлина И.А., Хорошева С.А., Чиненова В.Н. Очерк научной, педагогической и организаторской деятельности А.Н. Боголюбова [4. С. 9–43].

Одновременно с этой работой А.Н. Боголюбов начал изучать подробно вопросы истории механики машин. Это направление было новым в истории механики. Результатом трёхлетней работы стала монография «История механики машин» [6], опубликованная в Киеве в 1964 г., и защита докторской диссертации, научным консультантом которой был И.И. Артоболевский.

Историко-научная концепция развития механики машин в мировом контексте, предложенная А.Н. Боголюбовым, состояла в том, что как историю науки в целом, так и историю механики машин, в частности, необходимо исследовать в неразрывной связи с общей историей, историей культуры, развитием экономики. Он продолжил начатые ещё в конце 30-х годов разработки истории кинематического, кинестатического и динамического анализа механизмов, динамики машин, значительно расширил их на основе анализа первых изданий монографий, учебников, мемуаров и журнальных статей XVIII–XX столетий и, тем самым, фактически перешёл к изучению истории развития механики машин в целом. В результате в научный оборот впервые был введён совершенно новый, практически неизвестный до того времени материал, отражающий логику и преюмственность развития механики машин, роль в этом историческом процессе отечественных и зарубежных учёных, малоизвестные биографические сведения о наиболее выдающихся из них.

В 1969 г. по представлению академиков АН СССР П.С. Александрова, И.И. Артоболевского, В.И. Смирнова, академиков АН УССР (сейчас — НАН Украины) А.Д. Коваленко и И.З. Штокало Алексей Николаевич был избран членом-корреспондентом АН УССР.

Как было отмечено, в 1962–1974 гг. А.Н. Боголюбов работал в Секторе истории естествознания и техники Института истории АН УССР. Этот период его деятельности стал важным этапом роста Алексея Николаевича как педагога-руководителя, неутомимого организатора науки. Фактически в этот период начала формироваться научная школа А.Н. Боголюбова в области истории точных наук. Вокруг Алексея Николаевича стали объединяться сотрудники Сектора, участники Всеукраинского семинара по истории математических наук, в том числе его ас-

пиранты: Н.Б. Андрианова, Л.И. Брылевская, О.Н. Буц, С.М. Великая, М.М. Воронина, И.И. Голотюк, Н.И. Данилова, Э.М. Добровольская, В.Н. Жуковская, В.В. Кислов, В.П. Лишевский, Т.Ф. Лучка, Л.И. Лыско, Л.Д. Леднева, Р.Е. Мотылевская, Е.М. Нестеренко, В.В. Павловская, Л.А. Применко, В.В. Повстенко, Л.В. Пугина, И.К. Рахимова (Зубова), В.М. Урбанский, М.А. Харитоновна, С.А. Хорошева, Э.Г. Цыганкова, И.В. Чальцева, Эстер Висенте (из Испании) и др. Запас идей, мыслей, научных тем у него всегда был большой и он щедро делился им со своими учениками. Алексей Николаевич считал, что для результативной научной и педагогической работы в области истории науки очень важно знать не только современное состояние математики, механики, техники, но и тенденции их развития и, в соответствии с этими, намечающимися тенденциями формулировал историко-научные проблемы.

Школа А.Н. Боголюбова стала коллективом единомышленников, увлечённых историей науки. Большое значение придавал Алексей Николаевич росту научных кадров. Некоторые его ученики — М.М. Рожанская, Н.М. Роженко, Л.Л. Кульвекас, М.М. Воронина, П.Я. Боярский — стали докторами наук, а В.М. Урбанский, В.В. Кислов — профессорами высшей школы.

В 1962–1963 гг. и с 1974 г. до конца жизни А.Н. Боголюбов работал в Институте математики АН УССР, где по его инициативе сразу начал действовать научный семинар по истории математики и механики. Семинар имел огромное значение для становления школы А.Н. Боголюбова. Семинар стал важным местом обмена мнениями, творческих дискуссий, обсуждения диссертаций, на него приезжали учёные со всего Советского Союза. Активное творческое содружество Алексея Николаевича с Институтом истории естествознания и техники РАН, филиалами Института, Московским университетом его авторитет как учёного и человека способствовали тому, что семинар получил широкую огласку и научное признание. На нём обсуждались историко-научные исследования С.С. Демидова, В.А. Добровольского, Л.Л. Кульвекаса, Г.П. Матвиевской, М.М. Рожанской и др. Наиболее интересные труды издавались в научных трудах семинара.

Перу Алексея Николаевича принадлежит около 400 научных работ. Среди них 25 монографий, в том числе «История механики машин» (1964) [6], «Теория механизмов и машин в историческом развитии её идей» (1976) [7], библиография «Развитие проблем механики машин» (1967) [8], которые представляют собой плодотворные исследования по истории машин и механизмов.

Изучению машин были посвящены работы, которые условно можно назвать исследованиями по кинематике механизмов и по динамике машин. Анализ основных из них также проведён Алексеем Николаевичем и в монографиях, и в отдельных статьях. Исследования в области истории гидравлики, гидродинамики и сопротивления материалов органично включены в труды А.Н. Боголюбова.

В своих историко-научных исследованиях Алексей Николаевич уделял большое внимание биографиям учёных, так как, по его меткому замечанию, «науку делают люди, которые живут в обществе».

Он написал более 14 научных биографий выдающихся учёных и техников различных эпох и национальностей, они были опубликованы в серии РАН «Научно-биографическая литература», выходящей в издательстве «Наука» с 1959 г. (См. в [4. С. 50–80] список трудов А.Н. Боголюбова.) Алексей Николаевич большое внимание уделял и социальной истории науки, показывая, что механика, да и вообще человеческая деятельность являются феноменами социальными.

Алексей Николаевич является автором многих ценных книг по истории механики и теории механизмов и машин, по истории техники, прекрасных биографических очерков о европейских и отечественных учёных и деятелях техники, а также автором редкого и всем нужного в качестве настольной книги «Биографического справочника» (1983) [1]. В этом уникальном издании собраны сведения о жизни и научной деятельности математиков и механиков с древнейших времён до наших дней. Составление подобного справочника — дело очень трудное, помимо использования огромного объёма различной биографической, библиографической, специальной историко-научной литературы, словарей, энциклопедий, автор должен глубоко

разбираться и в математике, и в механике. Алексей Николаевич блестяще справился с поставленной задачей.

Попытаемся хотя бы кратко охарактеризовать некоторые труды А.Н. Боголюбова, посвящённые выдающимся учёным и техникам, и некоторые его монографии, посвящённые истории механизмов и машин.

При составлении биографического очерка о том или ином деятеле А.Н. Боголюбов как бы погружается в эпоху, в которой жил его герой: будь то средневековье, период Великой Французской революции, обстановка в дореволюционной России или советский период, — атмосфера передается документально точно, ярко, талантливо, убедительно. Он литературно оттеняет особенности страны, времени и национальный колорит, связанный с жизнью и деятельностью его персонажа. Эрудиция Алексея Николаевича сопоставима со знаниями и глубиной подхода великого хореографа Игоря Александровича Моисеева (талант которого Боголюбов очень ценил). Биографические очерки доносят до нас и дух, и специфику эпохи. Алексей Николаевич Боголюбов не ограничивается только научной стороной деятельности и интересов учёного, о котором пишет, он отдаёт достойную дань той культурной обстановке и аромату эпохи, в которой жил и дышал учёный. Однако это служит очень привлекательным, но лишь фоном повествования, которое ведётся на самом высоком научном уровне, так как автор серьёзно владеет той областью, в которой прославился выбранный им персонаж.

Один из самых обширных и содержательных очерков А.Н. Боголюбова — книга «Иван Иванович Артоболевский» [14]. Это — сага о любимом учителе и друге, написанная вдохновенно и профессионально. Кстати сказать, биографии Ивана Ивановича и Алексея Николаевича в чём-то сходны, и поэтому так проникновенны страницы, повествующие о жизни Артоболевского. Имя выдающегося отечественного механика и машиностроителя академика И.И. Артоболевского (1905–1977) широко известно и у нас, и за рубежом.

В книге подробно и интересно описана жизнь патриархальной религиозной пензенской семьи Артоболевских. Отец Ивана Ивановича был священником, учёным, профессором Московского сельскохозяйственного института, где

преподавал богословие. Другом семьи был их знаменитый земляк — Василий Осипович Ключевский.

Не акцентируя внимания читателя на тех трудностях, которые вставали перед детьми не рабоче-крестьянского происхождения, и в особенности перед детьми священников и духовенства, А.Н. Боголюбов весьма занимательно обрисовывает положение Ивана Артоболевского, когда он в пятнадцать с половиной лет окончил среднюю школу и подал заявление на отделение сельскохозяйственной механики Петровской академии<sup>5</sup>, возглавляемое крупным специалистом сельскохозяйственной механики В.П. Горячкиным. И.И. Артоболевскому был дан отказ. В дело вмешался известный учёный С.А. Зернов, единственный член партии среди профессоров академии. Было составлено ходатайство на имя А.В. Луначарского о приёме И. Артоболевского в вуз, причём отвёз это прошение сам профессор Зернов. Анатолий Васильевич Луначарский захотел познакомиться с абитуриентом. Вначале юноша еле слышал, о чём с ним говорит Луначарский, так он волновался. Но постепенно испуг пропал, беседа оказалась чрезвычайно непринуждённой, интересной. Разговор зашёл даже о французской литературе, с которой Иван знакомился в оригинале. Позже А.В. Луначарский со своей женой Н.А. Розенель часто приглашали на музыкально-литературные вечера в их доме Ивана Ивановича, где бывали И.С. Козловский, И.М. Москвин, В.Э. Мейерхольд, С.М. Эйзенштейн.

Петровско-Разумовское, позже Тимирязевка, известный научно-технический центр и заповедник по земледелию и лесоводству, описан А.Н. Боголюбовым так, как будто он там жил и работал продолжительное время. Там было большое сообщество учёных, специалистов не только в области сельскохозяйственных наук (В.П. Горячкин, Н.И. Мерцалов, Д.Н. Прянишников, И.А. Каблуков), но и известных математиков и механиков (С.С. Бюшгенс, Г.Г. Аппельрот). Десятки имён крупных учёных и специалистов упомяну-

---

<sup>5</sup> Петровская земледельческая и лесная академия была основана 3 декабря 1865 г. В 1894 г. её переименовали в Петровскую сельскохозяйственную академию. Вскоре она стала называться Московским сельскохозяйственным институтом (до 1917). С 10 декабря 1923 г. она называлась Сельскохозяйственной академией им. К.А. Тимирязева (ТСХА).



ты А.Н. Боголюбовым в повествовании о том периоде жизни И.И. Артоболевского, когда он работал в Тимирязевке. Алексей Николаевич вводит читателя в круг этих интересных людей, даёт представление об атмосфере того времени, колоритно рисует их портреты, ведь со многими из них автор был в своё время знаком.

В 1924 г. И.И. Артоболевский поступил в экстернат Московского университета (он уже был доцентом одного из Московских институтов), который окончил в 1929 г. А.Н. Боголюбов ярко, подробно, со множеством нюансов рассказывает о том времени, когда теория механизмов и машин превращалась в одну из ведущих отраслей науки и техники. Преподавая прикладную механику в ряде вузов Москвы и сотрудничая с ВИСХОМом (Машиноиспытательная станция в Тимирязевском сельскохозяйственном комплексе), И.И. Артоболевский опубликовал совместно с В.В. Добровольским монографию «Структура и классификация механизмов» (1939). В том же году вышла монография И.И. Артоболевского «Структура, кинематика и кинестатика многосвязных плоских механизмов», где были предложены некоторые новые методы решения задач теории механизмов сложной структуры. Артоболевский нашёл, что сферические механизмы наравне с плоскими удовлетворяют формуле Чебышёва, и применил классификацию Ассура к сферическим механизмам. Развитая классификация Ассура–Артоболевского вошла в учебные программы и в учебную литературу.

В 1936 г. по предложению С.А. Чаплыгина И.И. Артоболевскому была присвоена учёная степень доктора технических наук без защиты диссертации, по совокупности опубликованных трудов. В 1939 г. он был избран членом-корреспондентом АН СССР, а в 1946 г. — её действительным членом.

Работая в Московском университете по совместительству в предвоенные годы, Иван Иванович с 1941 по 1944 гг. заведовал организованной им кафедрой прикладной механики. Его перу принадлежит ряд учебников по теории машин и механизмов, в том числе и университетский курс.

И.И. Артоболевский является автором 7-томного справочника, в котором учтено свыше 4000 механизмов, — это настоящая энциклопедия по теории механизмов и машин.

С 1936 г. И.И. Артоболевский руководил Семинаром по теории машин и механизмов в Институте машиноведения АН СССР, имевшим свыше 20 филиалов в различных городах страны. Он был одним из инициаторов создания международной федерации по теории машин и механизмов (ИФТОММ) и её первым президентом (1969–1975). Факты биографии своего учителя и друга Алексей Николаевич изложил как непосредственный участник и свидетель многих событий. Они дают представление и о жизни самого автора.

Будучи квалифицированным специалистом в области теории механизмов и машин, Алексей Николаевич Боголюбов со знанием дела разъясняет содержание многих ценных монографий И.И. Артоболевского, в частности, первую в СССР монографию по пространственным механизмам — «Теория пространственных механизмов» (1937). Характеризуя особенность научного творчества Ивана Ивановича Артоболевского, автор книги подчёркивает его инженерный подход к решению задач теории. Заслуга Артоболевского состоит в том, что им была поставлена проблема исследования машин в реальных условиях их работы, расширенного определения машины в соответствии с особенностями современной научно-технической революции. А.Н. Боголюбов особенно подчёркивает, что по инициативе Артоболевского и под его руководством были созданы новые научные направления в теории механизмов, связанные с кибернетикой, биомеханикой, физиологией, действием вибраций в машинах и их влиянием на человека и окружающую среду, использованием вибраций в технологических процессах.

Обширная статья И.И. Артоболевского и А.Н. Боголюбова в коллективной монографии [12] посвящена анализу идей теории машин и механизмов с конца XVIII века до середины XX века.

В монографиях А.Н. Боголюбова [6–8] представлен богатейший материал по возникновению, становлению и развитию этой специальной области механики. Нельзя не отметить, что создание истории механизмов и машин дело не простое: помимо обязательного знания механики, специальных инженерных знаний, истории техники, общей истории, необходимо понимание и изложение всего фактического материала в органической связи с историей мате-

матики, с практическими потребностями, обусловившими развитие науки, нужно обладать большим научным и культурным потенциалом, знанием иностранных языков, чтобы достаточно полно и всесторонне изложить предмет. Всё это мы находим в книгах А.Н. Боголюбова.

Рамки настоящей статьи не позволяют подробно остановиться на каждом из этих оригинальных исследований Алексея Николаевича, мы затронем лишь основные концепции, изложенные в его «Теории механизмов и машин в историческом развитии её идей» [7]. Перед читателем разворачивается панорама возникновения и развития машин. Несмотря на то, что в эпоху античной древности существовали лишь приспособления для перемещения тяжестей, ознакомление с ранней их эволюцией имеет значение и для современной науки. Боголюбов подчёркивает, что в развитии познания законов в античной механике техника с её проблемами и запросами играла значительную роль. Древние механики для передвижения грузов вдоль горизонтальной плоскости или вертикального направления использовали силу тяжести или животных. Для облегчения труда были выработаны такие простейшие механические приспособления, как полозья, катки, колеса и наклонная плоскость. Столь же древнее происхождение имеет такая «простая машина», как рычаг.

Разбирая генезис науки о машинах (этому посвящена первая глава [7]), Алексей Николаевич показывает, как понятие машины менялось во времени: смысл этого термина зависел от эпохи. В эллинистическом периоде впервые появляются гидравлические двигатели: водяные мельницы. Сила тяжести использовалась в качестве движущей силы для передвижения или поднятия грузов (например, противовесов).

Созданием статики «простых машин» мы в основном обязаны Архимеду, которому приписывается также изобретение бесконечного и крепежного винтов, зубчатых колес, а также различных военных машин и приспособлений (например, катапульта, выбрасывающих с большой точностью тяжелые камни, железных механических лап, выдвигавшихся из ниш стен, захватывающих и опрокидывающих вражеские корабли).

Позднее в эллинистическую эпоху александрийский механик Герон написал несколько трудов по прикладной механике, в которой рассматриваются грузоподъемные, водо-

подъемные и военные машины его времени, например, домкрат и эолипил (первобытная турбина). Практическая механика ранней Римской империи нашла свое отражение в энциклопедическом труде Витрувия «Десять книг об архитектуре». С XIII века начинают появляться трактаты о машинах, в которых содержатся описания некоторых из них. К рубежу XV и XVI веков относится творчество великого итальянского художника, ученого и инженера Леонардо да Винчи. Количественное и качественное развитие машин повлекло за собой появление руководств по машиноведению, в которых иногда, кроме описания машин, появляются заметки о применении отдельных механизмов. Миланский врач, инженер и математик Дж. Кардано формулирует общие правила передачи движения в механизмах мельниц и часов. В XVII–начале XVIII веков «технологические мельницы» (дробилки) получают значительное развитие в Нидерландах. В 1724 г. в Саксонии началось издание многотомного энциклопедического сочинения Я. Лейпольда «Театр машин». Этот грандиозный труд (9 томов) неоднократно переиздавался; в качестве учебного руководства им пользовались даже в начале XIX века.

В главах 2, 3 и 4 книги [7] описывается становление механики машин, возникновение кинематики и новых направлений в механике машин в конце XVII–начале XIX веков.

Мануфактурная промышленность явилась предшественницей и базой машинного производства. Машина в отличие от «простой машины» имеет три органа — исполнительный механизм, заменяющий функции рук человека, целесообразно перерабатывающий продукт труда; двигатель и передаточный механизм. Такие машины эпизодически появлялись в период господства мануфактурной промышленности. Здесь требовалось учение о движении материальной точки, основанное Эйлером, и движения твердого тела. Для изучения законов движения исполнительного механизма была востребована кинематика механизма, а позже при учете действия двигателя потребовалось учение о движении тел под действием сил — динамика. С XVI века был востребован инфинитезимальный расчет неравномерного движения точечного тела по кривой. Так стало зарождаться исчисление бесконечно малых, дифференциальное и интегральное исчисление.

Разумеется, что развитие истории машин и механизмов тесно связано с возникновением в XVIII веке машинного производства и развитием его в XIX веке. Если к XVI–XVII векам было создано множество образцов различных машин, то к XVIII веку становится необходимым строить математизированную теорию действия машин, поэтому проблемы построения машин входят в круг интересов Лондонского королевского общества, Французской, Российской и иных академий. Возникновение механики машин в конце XVIII века связано с работами Л. Эйлера, Л. Карно, Г. Монжа.

В своих книгах А.Н. Боголюбов излагает исторические фрагменты, связанные с возникновением и работой этих и других научных учреждений, повлиявших на развитие исследований, которые впоследствии, уже в XVIII веке, вызвали к жизни появление механики машин.

Изучению машин были посвящены работы по кинематике механизмов и по динамике машин. Подробный анализ основных из этих работ также проведён Алексеем Николаевичем.

От его внимания не ускользают и исследования в области гидравлики, гидродинамики, сопротивления материалов, которые сыграли важную роль в деле становления учения о машинах, и те работы, которые были посвящены собственно изучению машин.

Рассматривая, например, основные динамические проблемы учения о машинах так, как они сформировались в XVIII веке и в двух первых десятилетиях XIX века, А.Н. Боголюбов выделяет три из них, наиболее важных: теория движителей, учение о движении машины и проблема регулирования хода машины. В XVIII веке изучались величина и законы механического взаимодействия тел, которые можно было получить от источников энергии того времени (силы человека и животных, силы ветра, воды, водяного пара). За эталон принималась сила человека; лишь к концу века появляется новая единица измерения — лошадиная сила.

Учение о движении машины, основы которого заложил Л. Эйлер, развивалось в конце XVIII–начале XIX веков в трудах Л. Карно, А. Гениво, Ж. Кристиана.

Механика переходила на современный уровень, опираясь на математический аппарат дифференциальных уравнений (обыкновенных и в частных производных), а также

на вариационные методы. В это время завершилась более точная формулировка и математическая трактовка основных понятий и основных законов статики и динамики. Различные задачи о равновесии и движении сложных механизмов, гидростатики и гидродинамики, механики упругих и деформируемых систем решались в этот период единообразными методами. Во второй половине XIX века возникает ряд специальных механических дисциплин, например, гидромеханика, теория упругости, теория устойчивости, в том числе и теория механизмов и машин. Кроме университетов появляются высшие политехнические школы и училища более узкого профиля (транспортные, судостроительные и др.).

Основополагающая работа по динамике машин была создана учеником Г. Монжа Л. Карно. Теорией машин Карно занимался еще в самом начале своей научной деятельности. Его «Опыт о машинах вообще» опубликован в 1783 г. и переиздан в 1803 г. под названием «Основные принципы равновесия и движения». Начиная исследование с общих принципов механики, Карно приходит к выводу, что основой изучения машины должно быть движение. Поэтому все законы и теоремы механики Карно рассматривал применительно к действующим машинам, и его книгу уже можно отнести к прикладной механике.

Постановка задачи у Л. Карно продолжила традицию, основы которой заложил ещё Л. Эйлер во время работы в Петербургской Академии наук. В мемуаре «О машинах вообще» (1753) Л. Эйлер писал: «...Теория должна быть такой, чтобы с её помощью можно было среди всех машин, применяемых для выполнения определённой работы, найти такую наилучшую, которая выполнила эту работу в кратчайшее время или с минимальной затратой действующих сил» [7. С. 78].

Наряду с изучением отдельных элементов машин Карно ввёл общий подход к любой из них (или их сочетанию).

Из набора элементарных принципов механики Карно выбрал сохранение живой силы  $mv^2$  как основу для вывода положений, приложимых к проблеме движения машин. Принципиальным практическим достоинством этого закона было то, что для получения максимальной эффективности машины

мощность должна быть передана без удара или (в случае гидравлических машин) — без турбулентности.

По мнению Боголюбова, Карно в своём анализе достаточно глубоко проник в сущность машины и пришёл к ряду заключений, которые получили своё обоснование уже в XX веке.

Алексей Николаевич отмечает, что предыстория динамики машин была бы неполной, если опустить тот вклад, который был сделан инженерами (например, Г. Прони, Ж. Кристианом). Результаты их творчества оказались в удивительном совпадении с теми, которые были получены математиками в проведенных ими исследованиях.

Становление машиностроения в конце XVIII–первых десятилетиях XIX веков как завершающего этапа промышленного переворота нуждалось в научно-инженерном подходе к созданию машин. «Если кинематика механизмов, впервые оформившаяся в науку в “Опыте построения машин” Х. Ланца и А. Бетанкура, и смогла некоторое время развиваться “без математики”, то рост скорости машин заставил обратить внимание на вычисление размеров некоторых важнейших частей машины, в первую очередь маховика, для обеспечения безопасной и длительной работы машин... Этап становления науки как отдельного научного направления, возникшего на основе применения законов динамики к изучению машин, завершается трудами Ж.-В. Понселе и Г. Кориолиса» [10. С. 131].

В Парижской Политехнической школе разработкой кинематики механизмов занимались Ж. Ашетт, А. Бетанкур, Х. Ланц. Развитие элементов динамики машин мы находим уже в курсах Ж. Кристиана, Г. Кориолиса, Ж.-В. Понселе, хотя значительное внимание в систематически изложенных курсах механики посвящено разработке и выделению теорем кинематики из учения о движении тел. Наиболее чёткую программу выделения кинематики из целостного учения о движении материальных объектов наметил А.-М. Ампер в работе «Опыт по философии наук» (1834).

Попытки выделить кинематику из общего учения о движении тел реализуются только с первой трети XIX века в работах и курсах Ж.-В. Понселе, Ш. Дюпена, Г. Кориолиса, М. Шаля, А. Резаля и др. При этом результаты, полученные в XVIII веке, иногда открываются заново или излагаются в упрощённой форме. Например, Понселе вводит

понятие мгновенного ускорения точки в её прямолинейном движении в виде величины тангенса угла касательной (в данный момент времени) к графику скорости по времени с направлением оси абсцисс. Г. Кориолис даёт строгое доказательство теоремы о сложении трёх геометрических слагаемых, из которых состоит абсолютное ускорение точки в сложном движении. При этом он пользуется устарелыми терминами: «движущая сила» и «ускоряющая сила», в то время как Эйлер в аналогичных исследованиях сложного движения точки получал те же слагаемые, говоря об ускорении точки. Несомненной заслугой Кориолиса остается чёткая формулировка его теоремы с наименованием трёх слагаемых: относительная, переносная и поворотная «ускоряющие силы». В XVIII веке Эйлер, не замечая этого предложения как общего свойства широкого класса явлений, каждый раз вычислял все составляющие заново.

Целостное изложение кинематики находим во многих сочинениях учёных второй половины XIX века, например, в «Трактате чистой кинематики» Г. Резаля, в «Курсе механики машин» Э. Бура, в «Трактате натуральной философии» У. Томсона и П. Тэта, в «Учебнике инженерной и машинной механики» Ю. Вейсбаха, в первой части «Рациональной механики» И.И. Сомова.

В работах по индустриальной механике проводились успешные исследования в области теории колебаний (свободных, вынужденных, в пустоте и в среде с сопротивлением), разработка энергетических соотношений гидравлики и общего машиноведения. В трудах по индустриальной механике возникли понятие и термин «работа силы». В энергетическом соотношении кинетическая энергия точки  $mv^2/2$  стала сопоставима с работой силы. Появляются современные понятия — мощность, коэффициент полезного действия машины.

Индустриальная механика разрабатывает эффективные графические методы статики и кинематики; здесь же изучаются действия маховых колёс и различных профилей зубчатых передач, центробежных регуляторов, часовых механизмов; исследуются удар частей машины, сопротивление трения и другие прикладные вопросы.

Учёные всё чаще отмечают отход теоретической механики от индустриальной. Ф. Виттенбауэр говорит о второй



половине XIX века: «В те годы усилился отрыв технического исследования от математических методов; интерес в инженерных кругах к теоретическим работам пропал» [7. С. 378].

На рубеже столетий выявились два совершенно различных подхода к решению задач теории механизмов. Один, теоретический, осуществляли математики: П.Л. Чебышёв, Дж. Сильвестр, П.О. Сомов, Х.И. Гохман, Г. Кенигс. Второй, «машиностроительный», был представлен учёными «немецкой» школы: немцами, австрийцами, швейцарцами, — лидером этого направления является Ф. Рело. А.Н. Боголюбов подробно описывает достижения каждого из этих учёных, особое внимание он уделяет творчеству Рело.

Связывая бурное развитие динамики в начале первой четверти XX века с потребностями машиностроения, А.Н. Боголюбов отмечает, что с появлением новых машин и новых технологических методов возникла необходимость в качественно новых, более точных методах расчёта машин. «Поэтому встал вопрос о науке, занимающейся технологически машинами, которая и возникла в начале XX века. Её создание связано было с новым подходом к решению задачи, которая оказалась не под силу отдельным учёным: потребовалась организация специальных учебных и заводских лабораторий, а также неизвестного до тех пор типа научного учреждения — научно-исследовательских институтов. Потребовалась также координация усилий целого ряда наук, что стимулировало и их развитие, причём в направлении поисков решений “на стыке”. Так возник оптический метод определения напряжений в деталях сложной формы, заложены основы применения теории функций комплексного переменного к различным задачам механики и техники, начали разрабатываться биомеханика, теория регулирования и т.п.» [7. С. 412–413].

Большое внимание А.Н. Боголюбов уделяет русской школе механики машин не только в выше упомянутых книгах [6–8], но и в обобщающем труде «История механики в России» [9]. Его перу принадлежат 30 очерков на самые разнообразные темы (состояние образования, учебная литература по механике, практическая механика, механическая техника, научное наследие отдельных учёных и др.).

В монографии «Теория механизмов и машин в историческом развитии ее идей» развитию механики машин в России посвящены 5, 7 и 10 главы.

Описав экономическое положение России в начале XIX века, Боголюбов говорит о том, что развитие машинной промышленности вызвало появление учебных заведений нового типа, таких как, например, Санкт-Петербургский технологический институт, основанный в 1828 г., Московское ремесленное училище, Горный институт, Петербургский институт путей сообщения и других. Потребовалась учебная литература, создание учебных курсов прикладной механики (например, курс прикладной механики Э. Клапейрона (1828) для Института инженеров путей сообщения, курс «Записки практической механики» (1838) П.П. Мельникова). Становление исследований в области машин в России подробно описано А.Н. Боголюбовым.

С промышленным подъёмом в России, который начался после реформ 1861 г., возросли требования к техническим наукам и к высшей технической школе, причём и в количественном, и в качественном отношениях. Встал вопрос о дальнейшем расширении сети технических учебных заведений. В XIX столетии в дополнение к Дерптскому и Московскому были открыты университеты в Казани, Харькове, Киеве и Одессе (Новороссийский).

Весьма примечательно, что едва ли не большинство русских учёных, работавших в области механики машин, были выпускниками физико-математических факультетов университетов, что определило высокий научный уровень русской науки о машинах. А.Н. Боголюбов подчёркивает, что важнейшую роль в этом вопросе играл Московский университет, где по традиции, унаследованной от Н.Д. Брашмана, постановке преподавания прикладной механики уделялось всегда большое внимание [7. С. 334].

В первые два десятилетия XX века развитие теории машин и механизмов связано в основном с Н.Е. Жуковским и его учениками по Московскому университету и Московскому высшему техническому училищу. Таким образом, наряду с Петербургской школой учеников П.Л. Чебышёва и Одесской школой учеников В.Н. Лигина, где преобладала кинематическая направленность в исследованиях, в

области машиноведения продолжает своё успешное развитие и московская школа.

Русская школа механики машин на пороге XX века находилась в особенно благоприятном положении; она не только получила значительное наследство в виде аналитических методов П.Л. Чебышёва и его учеников, которое творчески перерабатывала, но в те же годы на ней сказалось значительное влияние геометрического метода Н.Е. Жуковского на развитие теории машин и механизмов (например, метод «Рычага Жуковского»). В России к концу XIX века прикладная механика стала обязательным предметом высшего технического образования. Кроме того, прикладная механика читалась на физико-математических факультетах университетов. Научно-исследовательской работой в области прикладной механики в этот период занимался целый ряд выдающихся ученых: Ф.Е. Орлов, Н.Е. Жуковский и его ученики В.П. Горячкин, Н.И. Мерцалов, Л.В. Ассур и другие, работы которых имели подчас эпохальное значение для развития науки.

Николай Иванович Мерцалов (1866–1948), ученик Н.Е. Жуковского, окончил Московский университет и МВТУ; с 1895 г. читал лекции в университете, а с 1897 г. стал профессором Московского технического училища. Лекции Мерцалова в МВТУ были положены в основу его курса прикладной механики<sup>6</sup>. Этот курс, охватывающий кинематику и динамику механизмов, явился событием в русской технической литературе и представлял собой в сущности не учебник, а глубокий научный трактат, в котором обобщены вопросы теории механизмов и машин. Боголюбов отмечает, что в курсе «Кинематика механизмов» имеется исключительное, доведённое по изяществу в некоторых случаях до виртуозности изложение теории механизмов на основе применения геометрических методов анализа и синтеза. Эта виртуозность и изящество сближает эту книгу с лучшими классическими сочинениями французских геометров XIX века» [7. С. 434].

---

<sup>6</sup> Этот курс был впервые отпечатан на стеклографе в 1904 г., переиздан в обработке М.И. Фелинского в 1914–1916 гг., а под редакцией В.В. Добровольского в 1950–1952 гг.

Чтобы оценить значение второго капитального труда Н.И. Мерцалова — его курс «Динамика механизмов», надо указать, что эта книга была первым крупным систематическим трудом по основам динамики механизмов в мировой литературе.

Основной частью книги является изложение методов динамического исследования механизмов. Для решения этой задачи Н.И. Мерцалов широко использует метод кинестатики. При решении задачи теории регулирования машин и исследовании движения машин под действием заданных сил он применял оригинальные, разработанные им методы исследования, основанные, например, на использовании жёсткого рычага Жуковского [7. С. 435].

Другой ученик Н.Е. Жуковского Л.В. Ассур в диссертации на тему «Исследование плоских стержневых механизмов с низшими парами с точки зрения их структуры и классификации» (1913–1915) дал научную классификацию плоских стержневых механизмов. В основу классификации Л.В. Ассур ставит идею образования механизмов путём последовательного присоединения к стойке и кривошипу кинематических цепей определённой структуры. В зависимости от характера присоединяемых цепей Л.В. Ассур делит механизмы на классы и порядки, указывает методы кинематического и кинестатического исследования. Мы несколько подробнее остановились на творчестве этого замечательного русского учёного не только потому, что указанная работа Л.В. Ассур оказала большое влияние на развитие структуры механизмов в советской школе теории механизмов, но и потому, что А.Н. Боголюбов совместно с И.И. Артоблевским написали о нём книгу [11]. По мнению А.Н. Боголюбова, вместе с трудами П.Л. Чебышёва, П.О. Сомова работа Л.В. Ассур стала той основой, на которой возникла и развилась советская школа теории механизмов и машин. Мы бы добавили в качестве основателей этого направления А.С. Ершова, Ф.Е. Орлова, Н.Е. Жуковского, В.Н. Лигина и Н.И. Мерцалова.

В истории механики машин, как отмечает А.Н. Боголюбов, «само возникновение советской школы теории машин и механизмов обусловлено индустриализацией страны и бурным ростом советского машиностроения» [12. С. 208]. Выдающиеся исследования по теории механиз-

мов принадлежат В.П. Горячкину, Н. И. Мерцалову, В.В. Добровольскому, И.И. Артоблевскому, Н.Г. Бруевичу, З.Ш. Блоху и другим советским учёным.

К концу второго десятилетия XX века теория машин и механизмов обладала уже значительным заделом — результатом совместных трудов учёных многих стран и народов. А.Н. Боголюбов глубоко и увлекательно раскрывает творческие замыслы А. Бетанкура, Л.В. Ассур, Г.Н. Николадзе, Г. Монжа, Р. Гука, Ж.-В. Понселе, Л.С. Лейбензона и др. (См. [4. С. 50-80]). Всего им опубликовано 14 таких биографий.

Перечислим некоторые научные биографии из тех, которые были опубликованы в серии «Научно-биографическая литература», выходящей в издательстве «Наука» с 1959 г. [16].

1969 г. — «Августин Августинович Бетанкур (1758–1824)».

1971 г. — «Леонид Владимирович Ассур (1878–1920)» (в соавторстве с И.И. Артоблевским), о русском механике и инженере, основоположнике теории структуры механизмов.

1973 г. — «Георгий Николаевич Николадзе (1888–1931)», об одном из создателей грузинской математической школы.

1978 г. — «Гаспар Монж (1746–1818)».

1982 г. — «Иван Иванович Артоблевский (1905–1977)», книга о друге и учителе.

1984 г. — «Роберт Гук (1635–1703)». Алексей Николаевич считал, что этот учёный по многим причинам недооценён историками.

1988 г. — «Жан Виктор Понселе (1788–1867)». Боголюбов проанализировал труды этого видного французского математика и механика по геометрии, строительной механике, прикладной механике, машиностроению. Труды Ж. Понселе питался целый ряд наук в XIX и XX веках.

В 90-е годы появилось ещё несколько книг А.Н. Боголюбова о русских и советских учёных:

1991 г. — «Леонид Самуилович Лейбензон (1879–1951)» (в соавторстве с Т.Л. Канделаки).

1997 г. — «Всеволод Иванович Романовский (1879–1954)»  
(в соавторстве с Г.П. Матвиевской).

1998 г. — «Сергей Николаевич Кожевников (1906–1988)»  
(в соавторстве с Е.Я. Антонюком и С.А. Федосовой).

Алексей Николаевич входил в коллектив авторов книги «Владимир Иванович Смирнов», изданной в той же серии в 1994 г. и переизданной с дополнениями в 2006 г. (составители Г.П. Матвиевская и Е.П. Ожигова). Он был также ответственным редактором ещё десяти научных биографий, опубликованных в этой серии (см. [16]).

В плодотворном сотрудничестве со своими учениками Алексей Николаевич опубликовал многочисленные статьи и ряд монографий: «Роботы и манипуляторы» (1980, совместно с Д.А. Никитиным), «Популярно о робототехнике» (1989, с Д.А. Никитиным), «Николай Митрофанович Крылов» (1987, с В.М. Урбанским), «Сергей Николаевич Кожевников» (1998, с Е.Я. Антонюком и С.А. Хорошевой) и другие [4. С. 50–80].

В 1996 г. король Испании Хуан Карлос наградил А.Н. Боголюбова именным командорским орденом «За большие заслуги» в деле образования, культуры и науки. В том же



А.Н. Боголюбов с орденом «За гражданские заслуги»,  
пожалованным ему королём Испании Хуаном Карлосом.  
16.01.1998 г.

году Национальная Академия наук Украины вручила Алексею Николаевичу премию им. Н.М. Крылова.

Одна из последних книг, над которой работал Алексей Николаевич, посвящена исследованию жизненного пути, инженерной и научной деятельности выдающегося немецкого машиностроителя и теоретика машиностроения Франца Рело (1829–1905). А.Н. Боголюбов задумал написать научную биографию этого учёного достаточно давно. Авторская заявка в редакцию серии «Научно-биографическая литература» была подана ещё в 1988 г. Эту идею поддержал также академик РАН Константин Васильевич Фролов (1932–2007), согласившись стать ответственным редактором рукописи. И.И. Артоболевский высоко ценил творчество Ф. Рело как одного из первых историков техники.

Позже, в 2000 г., А.Н.Боголюбов предложил В.Н. Чинёновой стать его соавтором «жизнеописания» Рело. Книга была закончена только в 2008 г. (она принята к печати в отделе научно-биографической литературы издательства «Наука» и будет опубликована в первом квартале 2014 г.).

Немногочисленные факты личной жизни Рело наполнены масштабными результатами его научного творчества. Его «Теоретическая кинематика», по праву, считается классическим произведением в науке о машинах, она состоит из 2-х томов: первый том был издан в 1875 г. (622 с.), а второй — в 1900 г. (789 с.). Ф. Рело были введены важнейшие в теории механизмов понятия о кинематической паре и кинематической цепи. Алексей Николаевич тщательно изучил и проанализировал этот фундаментальный труд (на немецком языке).

Рело был замечательным педагогом, организатором науки, много усилий приложил для изменения статуса Берлинского ремесленного института (среднего учебного заведения), реорганизации его в Высшую техническую школу. Рело был не только учёным, но и практиком. Он был активным участником и членом жюри многих международных выставок, много работал и в области истории техники. Рело ясно понимал и пропагандировал, что техника является существенной частью культурной жизни. Недаром его часто называют «философом техники».

Боголюбов тщательно подбирал иллюстрации, фотографии Рело, лиц и мест, связанных с его жизнью, переписывал

вался с потомками этого замечательного учёного. Алексей Николаевич говорил, что идеи Ф. Рело во многом современны, они будоражат мысль, поддерживают оптимизм и теплоту сердца, как будто о Рело писал Лонгфелло<sup>7</sup>: «Так трудился Гайавата, / Чтоб народ его был счастлив, / Чтоб он шёл к добру и правде». Эти слова можно в полной мере отнести и к самому А.Н. Боголюбову.

В декабре 2000 г. в Институте естествознания и техники РАН проходил симпозиум «Проблемы разработки научной биографии творческой личности», посвящённый памяти академика А.Л. Яншина. Алексей Николаевич приехать не смог, но свой доклад «Научная биография как метод исследования истории науки» прислал. В нём изложены методологические установки написания биографии. В частности, А.Н. Боголюбов отмечает, что научное творчество само по себе является весьма сложным процессом, зачастую оно граничит с искусством, и поэтому на него существенное влияние могут оказать музыка, литература, архитектура, изящные искусства, скульптура, живопись, театр.

При написании истории развития теории конкретной науки, в той или иной степени нужно учитывать и личность творца, и обстоятельства возникновения тех или иных идей. «Так, поиски корней начертательной геометрии приводят нас к творчеству художников и архитекторов периода подготовки научной революции».

Алексей Николаевич уделяет большое внимание и социальной истории науки. Он часто излагает не только «историю идей», но и «историю людей», в историческом контексте показывая, что механика да и вообще человеческая деятельность являются феноменами социальными. Он говорит, что «при изучении истории механики обычно рассматриваются факты, непосредственно относящиеся к её развитию, становлению идей, направлений, биографиям учёных, т.е. те вопросы, которые относятся к развитию механики как науки и предмета преподавания». Вместе с тем, из поля зрения исчезает тот факт, что механика, равно как и любая другая наука, является частью общечеловеческой культуры и имеет связи с иными ответвлениями последней, которые, в свою очередь, оказывают на неё существенное влияние.

---

<sup>7</sup> Ф. Рело перевёл на немецкий язык «Песнь о Гайавате» Лонгфелло.



Термин «механика» многозначен. Ещё И. Ньютон отмечал, что древние рассматривали механику двояко: как рациональную (умозрительную), развиваемую точными доказательствами, и как практическую. К практической механике относятся все ремёсла и производства, от которых получила название и сама механика... Рациональная механика есть учение о движениях, производимых какими бы то ни было силами, и о силах, требуемых для производства каких бы то ни было движений, точно изложенное и доказанное. А.Н. Боголюбов берет за основу это положение Ньютона и обобщает его [17. С. 2].

А.Н. Боголюбов как историк механики использует в своём творчестве все эти подходы. Его энциклопедические знания и умение высветить главное при изложении той или иной проблемы вызывали восхищение у всех, кто его знал. Алексей Николаевич Боголюбов был человеком удивительной доброты, открытости и принципиальности. Он был одним из лидеров отечественной и мировой историко-математической школы. Имя А.Н. Боголюбова составляет гордость и достоинство нашей науки.

## Литература

1. *Боголюбов А.Н.* Математики. Механики. Биографический справочник. — Киев: Наукова думка, 1983. 639 с.
2. *Боголюбов А.Н.* Н.Н. Боголюбов. Жизнь, Творчество. — Дубна: 1996. 182 с.
3. *Боголюбов А.Н.* Боголюбовы / Очерки из истории математики и математического естествознания. — Киев: Институт математики АН Украины, 2001. С. 86–101 (на укр. языке).
4. Алексей Николаевич Боголюбов. Библиография. — Киев: НАНУ, Ин-т математики, 2001. 82 с. (на укр. языке).
5. История отечественной математики Т. 1–4 / Под ред. И.З. Штокало — М.: Наука, 1960–1970.
6. *Боголюбов А.Н.* История механики машин. — Киев: Наукова думка, 1964. 460 с.
7. *Боголюбов А.Н.* Теория механизмов и машин в историческом развитии её идей. — М.: Наука, 1976. 467 с.
8. *Боголюбов А.Н.* Развитие проблем механики машин. — Киев: Наукова думка, 1967. 290 с.
9. История механики в России. — Киев: Наукова думка, 1987. 391 с.

10. *Боголюбов А.Н.* Становление динамики машин / Сб. Исследования по истории механики. — М.: Наука, 1983. С. 114–132.
11. *Артоболевский И.И., Боголюбов А.Н.* Леонид Владимирович Ас-сур. — М.: Наука, 1971. 265 с.
12. *Артоболевский И.И. Боголюбов А.Н.* Теория механизмов и машин / Сб. История механики (с конца XVIII века до середины XX века). — М.: Наука, 1972. С.190–225.
13. *Боголюбов А.Н.* Творения рук человеческих. Естественная история машин. — М.: Знание, 1988. 176 с.
14. *Боголюбов А.Н.* Иван Иванович Артоболевский. — М.: Наука, 1982. 295 с.
15. *Боголюбов А.Н.* Социальная история механики / Сб. Математическое естествознание: фрагменты истории. — Киев: Наукова думка, 1992. С. 139–145.
16. *Соколовская З.К., Соколовский В.И.* 550 книг об учёных, инженерах и изобретателях. Справочник-путеводитель по серии РАН «Научно-биографическая» 1959–1997. — М.: Наука, 1999. 538 с.
17. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. — М.: Наука, 1989. 689 с.

К.Н. МУХИН  
Национальный исследовательский центр  
«Курчатовский институт»

**ПОЛВЕКА В МИРЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ  
(история исследований по физике  $\pi$ -мезонов  
в Курчатовском институте)**

*Светлой памяти  
Исая Исидоровича Гуревича  
посвящается*

В настоящей статье в историко-научной форме рассказано об истории экспериментальной и расчётно-теоретической деятельности в области физики элементарных частиц, которой автор с группой сотрудников (переменного состава) занимался в Курчатовском институте более 55 лет (с 1945 по 2002 гг.).

Частиц, с которыми нам пришлось иметь дело, было много и самых разных. Сначала это были сравнительно медленные нейтроны (от источников и реакторов), затем — пучки быстрых протонов,  $\alpha$ -частиц, тех же нейтронов,  $\pi^{\pm}$ - и  $K^+$ -мезонов (от ускорителей). Однако подавляющую часть времени и усилий мы посвятили только одной частице —  $\pi$ -мезону, свойства, особенности рождения и взаимодействия с протонами и атомными ядрами которого были изучены в прямых экспериментах. А недоступное для прямого эксперимента взаимодействие  $\pi$ -мезонов между собой ( $\pi\pi$ -взаимодействие) расчётно-теоретической обработкой результатов экспериментального исследования реакций типа  $\pi^+p \rightarrow \pi N$ . При этом в обоих случаях были получены современные данные: в прямом эксперименте — на заре нашей деятельности, а в расчётно-теоретической обработке «косвенных» экспериментов — на её заключительном этапе.

Выбор  $\pi$ -мезона для столь длительных и многоплановых исследований не случаен. В некотором смысле  $\pi$ -мезон столь

же знаменит, как нейтрино, свойствами которого в последнее время интересуются не только все физики, но и просто любознательные люди. Существование обеих этих частиц было предсказано физиками-теоретиками задолго до их открытия физиками-экспериментаторами. Правда,  $\pi$ -мезону повезло больше. Его открытия пришлось ждать *всего* 12 лет (1935–1947 гг.), тогда как для нейтрино этот срок оказался более чем в два раза длиннее (1930–1956 гг.). Но в обоих случаях прослеживается тесная связь «предсказательной» силы теории и «открывательного» значения эксперимента. И в обоих случаях свойства этих частиц начали изучать сразу после их открытия и продолжают исследовать вплоть до сегодняшнего дня. А результаты этих исследований одинаково актуальны и важны. С той только разницей, что в отличие от кажущихся доступными для понимания новостей о нейтрино про  $\pi$ -мезон, новости о котором трудно понять журналистам, не пишут в газетах.

Ниже мы попытаемся несколько сгладить эту «несправедливость», рассказав в историко-научной форме изложения о том, как предсказали и открыли одну из самых замечательных элементарных частиц, знаменитый квант сильного взаимодействия —  $\pi$ -мезон.

Когда в 1932 г. английский физик-экспериментатор Дж. Чедвик открыл нейтрон, а российские физики-теоретики Д.Д. Иваненко и И.Е. Тамм предложили протон-нейтронную модель атомного ядра, перед всеми физиками возникла очень серьёзная проблема. Было совершенно непонятно, какие силы удерживают нуклоны внутри атомного ядра. (Очевидно, что в прежней неправильной протон-электронной модели конкретно этой проблемы не было.)

После нескольких неудачных попыток проблема ядерных сил была решена японским физиком-теоретиком Х. Юкавой, который в 1935 г. высказал гипотезу о существовании особой (бесспиновой и метастабильной) частицы со свойствами ядерного кванта, отвечающего за ядерное взаимодействие между нуклонами подобно тому, как фотон отвечает за электромагнитное взаимодействие между заряженными частицами (подробнее см. разд. 3).

Из расчётов Юкавы следовало, что для согласия с известными свойствами атомного ядра масса новой частицы должна быть промежуточной между массами протона и элект-

рона. Отсюда пришло название новой частицы — мезон (от греческого *mesos* — среднее, промежуточное).

Как уже было сказано, мезон Юкавы искали в природе довольно долго, причём сначала за него ошибочно приняли открытый в 1938 г.  $\mu$ -мезон (мюон). Однако ещё через 9 лет, в 1947 г., английский физик С. Пауэлл наконец-таки обнаружил в составе космических лучей новую частицу со свойствами ядерного кванта, которую назвали  $\pi$ -мезоном.

И с тех пор изучением свойств  $\pi$ -мезонов стали заниматься физики-ядерщики всего мира и занимаются ими до сих пор, получая всё новые и новые весьма важные, как будет показано ниже, для современного состояния физической науки результаты. Советские физики начали изучать свойства  $\pi$ -мезонов с некоторым относительно небольшим опозданием, обусловленным общей закрытостью информации о зарубежных научных достижениях в то время.

Наши первые работы по физике  $\pi$ -мезонов были начаты в 1950 г. в секторе № 12 вместе с его начальником И.И. Гуревичем, продолжены в 1957–1988 гг. в группе, а затем лаборатории автора статьи и завершены в 2000 г. в той же лаборатории, которой после 1988 г. (когда автор перешагнул существовавший в то время для завлабов 70-летний возрастной порог) последовательно руководили два его ведущих сотрудника: О.О. Патаракин и В.Н. Тихонов.

Статья состоит из Введения, 10 небольших разделов и Заключения. Во Введении автор немного рассказывает о начале своей трудовой деятельности после окончания физфака МГУ и о первых впечатлениях от Лаборатории № 2 (будущего Курчатовского института), куда его перевели из МГУ в конце 1944 г. Он вспоминает о первых трёх годах работы в секторе № 5 Д.В. Тимошука и особенно подробно о последующей многолетней работе в секторе № 12 И.И. Гуревича. Большую часть Введения автор вообще очень широко использует для воспоминаний о старших товарищах по совместной работе и своих многочисленных молодых сотрудниках.

В первом разделе статьи рассказывается о фотоэмульсионных работах по физике  $\pi$ -мезонов, проведённых под руководством и при непосредственном участии И.И. Гуревича. В этих работах исследовались свойства и взаимодействия

$\pi^\pm$ -мезонов, обнаруженных в составе космических лучей, а также полученных искусственно под действием  $\alpha$ -частиц, протонов и нейтронов на фазотроне ОИЯИ в Дубне.

Во втором разделе рассказано о разработке сотрудниками группы автора новой методики — пузырьковых камер с импульсным магнитным полем и о работах с ними на протонных,  $\pi^\pm$ - и  $K^+$ -мезонных пучках синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ и  $\pi^-$ -пучке ускорителя ИТЭФ.

Третий раздел статьи посвящён популярному описанию расчётно-теоретического метода извлечения сведений о пион-пионном<sup>1</sup> рассеянии из анализа экспериментальных данных, полученных при исследовании реакций типа  $\pi^\pm p \rightarrow \pi l N$ .

В четвёртом разделе описана методика предварительной обработки фотоматериала по реакциям  $\pi^\pm p \rightarrow \pi l N$ , отснятого при облучении водородной пузырьковой камеры  $\pi^\pm$ -мезонами на ускорителе ИТЭФ.

Пятый раздел посвящён описанию первых результатов работ по изучению реакций вида  $\pi^\pm p \rightarrow \pi l N$ , выразившихся в идентификации нескольких дипионных резонансов ( $\rho$ ,  $f$ ,  $g$ ) и определении их параметров ( $\sigma$ ,  $m_{\pi l}$ ,  $\Gamma$ ).

В шестом разделе наглядно рассмотрена расчётно-теоретическая схема фазового анализа пион-пионного рассеяния и приведены полученные с её помощью результаты (согласованные между собой значения пяти фаз  $\pi\pi$ -рассеяния в упругой области и пяти длин рассеяния).

Седьмой раздел статьи посвящён описанию методики использования дисперсионных соотношений для получения сведений о  $\pi\pi$ -рассеянии.

В восьмом разделе в популярной форме рассказано о современной теории элементарных частиц и некоторых положениях квантовой теории поля, необходимых для интерпретации результатов, описанных в последующих разделах статьи.

Девятый раздел посвящён исследованию реакций вида  $\pi^\pm p \rightarrow \pi l N$  на пучках  $\pi^\pm$ -мезонов мезонной фабрики TRIUMF в Канаде.

В десятом разделе описаны современные зарубежные исследования, выполненные через 12 лет после завершения

---

<sup>1</sup> Пион — более современное название  $\pi$ -мезона.

нашей деятельности (в конце 2009 г.), и показано, что полученные в них результаты практически совпадают с нашими данными 1997 г.

В Заключении подведены итоги 50-летней работы.

Из приведённого выше перечня видно, что «экспериментальные» разделы статьи чередуются с «теоретическими». Это позволило нам продемонстрировать ещё одну разновидность очень тесной (но не всегда заметной) связи теории и эксперимента, проявившейся теперь в нашей собственной деятельности. Особенно отчётливо это видно на примере получения *недоступных* для прямого эксперимента данных о пион-пионном рассеянии *расчётно-теоретическим* анализом результатов *экспериментального* исследования реакций  $\pi^{\pm}p \rightarrow \pi\pi N$ .

Нам кажется, что эта связь теории с экспериментом ещё более глубокая, чем описанная выше «предсказательно-открывательная». Ведь, на первый взгляд, реакции типа  $\pi^{\pm}p \rightarrow \pi\pi N$  никакого отношения не имеют к пион-пионному рассеянию!

Ближе к концу статьи мы увидим и другие примеры столь же глубокого переплетения, казалось бы, совершенно не связанных между собой теоретических и экспериментальных исследований, выполненных за рубежом также для получения сведений о  $\pi\pi$ -рассеянии и тоже расчётным путём, но опираясь на совсем другие эксперименты, отличные от исследования реакций  $\pi^{\pm}p \rightarrow \pi\pi N$ . И что особенно ценно — во всех этих исследованиях, завершённых в 2009 г., были получены результаты, полностью совпадающие с нашими, полученными на десятилетие раньше. Это даёт нам право надеяться на дальнейшее внимание читателя.

## Введение

Автор настоящей статьи работает в Курчатовском институте с октября 1944 г. До этого он окончил в 1941 г. физфак МГУ по специальности «Физика колебаний» и был распределён на Московский авиационный завод № 51, где работал по специальности (рассчитывал оперение самолета на флаттер-вибрации). После эвакуации завода<sup>2</sup> поступил в

---

<sup>2</sup> Я по семейным обстоятельствам остался в Москве.

радиоцех, организованный при НИИФ МГУ, который выпускал различную радиоаппаратуру для нужд фронта, а после возвращения из эвакуации основной части МГУ стал ассистентом и научным сотрудником физфака, совмещая преподавательскую работу с конструированием достаточно сложных радиоприборов по оборонной тематике.

В 1944 г. мне предложили перейти на работу в Лабораторию № 2 АН СССР — будущий Курчатовский институт, в котором я работаю до сих пор, пройдя длинный путь от научного сотрудника до завлаба, а затем главного научного сотрудника и получив под конец почётную должность советника директора Центра.

В предыдущей статье [1] я подробно рассказал о своих впечатлениях от Лаборатории № 2 в первые годы её существования, руководящей и воспитательной роли академика И.В. Курчатова и первых трёх годах работы в секторе № 5 Д.В. Тимошука.

В конце этого периода (зимой 1947–48 гг.) я был направлен в командировку в Арзамас-16, вернувшись из которой (в мае 1948 г.), оказался в секторе № 12 И.И. Гуревича, где сначала продолжал работать по специальной тематике, намеченной в Арзамасе, а начиная с 1950 г., параллельно стал принимать участие в работах Исаия Исидоровича Гуревича (далее И.И.) по физике элементарных частиц.

В процессе выполнения этих и последующих работ, включая исследования по физике л-мезонов, о которых речь пойдет ниже, И.И. постепенно приобщил меня к физике атомных ядер и элементарных частиц, пробудил во мне интерес, а затем и любовь к ним, за что я всегда считал и до сих пор считаю его своим Учителем. И.И. вообще очень много хорошего сделал для меня: научил читать лекции (передавая свой курс во время отъезда в командировку), помогал советами при написании учебника по ядерной физике и пару раз поспособствовал улучшению жилищных условий. Всё это я помню и до конца буду испытывать к И.И. чувство благодарности.

И.И. Гуревич скончался в 1992 г. в возрасте 80 лет. В 2002 г. в связи с десятилетием со дня смерти мы — три его ученика — вспомнили о нём в статье [2].

А 13 июля 2012 г. — знаменательная дата: столетие со дня рождения И.И. Гуревича. В честь этой даты я посвящаю настоящую статью его светлой памяти.



В секторе И.И. я сразу близко (в том числе в домашней обстановке) познакомился с большим коллективом сотрудников и выполнил с ними совместные работы. Из людей старшего (моего) поколения (30–35 лет) хотелось бы добрым словом вспомнить физика В.В. Алперса и химика Д.М. Самойлович, создававших специальные ядерные фотопластинки и эмульсионные камеры, а также превосходного механика И.В. Панова. О совместных работах с ними я расскажу в первом разделе статьи.



Трое сотрудников старшего поколения.

*Слева направо:* Всеволод Владимирович Алперс, Исай Исидорович Гуревич, Константин Никифорович Мухин

В 1952 г., через 4 года после моего перехода в 12-й сектор, в нашем коллективе появился молодой (на 10 лет младше меня) сотрудник Л.М. Барков (далее Л.М.Б.) — мой дипломник и наш общий с И.И. любимец. После защиты диплома Л.М.Б. остался в составе нашей группы, и вместе с ним мы выполнили довольно много работ не только по нейтронной физике, на базе которых Л.М.Б. в 1956 г. защитил кандидатскую диссертацию, но и совместную с И.И. и ещё двумя молодыми сотрудниками — Б.А. Никольским и Э.П. Топорковой — по физике  $\pi$ -мезонов, о которых речь пойдет ниже. К сожалению, ни упомянутых выше Алперса и Самойлович, ни Никольского, ни Топорковой уже нет среди живых.



«Молодой»  
Лев Митрофанович Барков



Виктор Константинович  
Макарьин

В 1956 г. в нашу группу поступил ещё один молодой сотрудник В.К. Макарьин, с которым мы вначале работали в области нейтронной, а затем и  $\pi$ -мезонной физики, а через пару лет — Р.С. Шляпников. Оба они (вместе с Л.М.Б.) успешно занимались конструированием и эксплуатацией



Александр Федорович  
Суставов

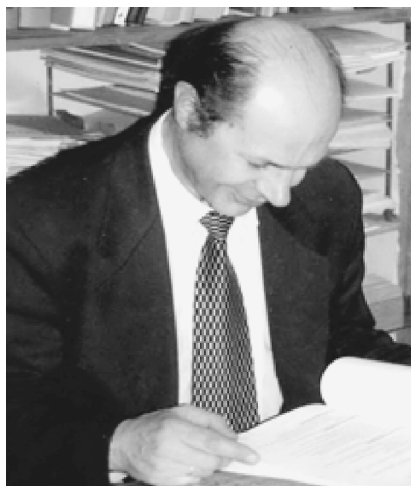


Александр Анатольевич  
Картамышев

пузырьковых камер оригинальной конструкции и впоследствии защитили кандидатские диссертации (я в 1963 г. защитил докторскую и выступал в роли их руководителя, чего не мог сделать при защите Л.М.Б., так как тогда ещё сам был кандидатом наук).

В те же годы с нами работал В.В. Огурцов (при облучении пропановой пузырьковой камеры в Дубне) и блестящий экспериментатор В.А. Сустин, который настолько преуспел в изготовлении уникальной аппаратуры, что через некоторое время ему сразу (без предварительной защиты кандидатской диссертации) была присуждена учёная степень доктора технических наук. К сожалению, и их тоже, всех четверых, нет на этом свете.

В начале 1970-х годов в нашей группе последовательно (с некоторыми интервалами) появились А.Ф. Суставов, А.А. Картамышев и О.О. Патаракин. Картамышев и Патаракин стали моими аспирантами и оба в 1981 г. в один и тот же день на родственном материале защитили очень хорошие диссертации (юридические тонкости этой несколько необычной защиты я предварительно согласовал с председателем ВАК В.Г. Кирилловым-Угрюмовым, знакомым мне по кафедре в МИФИ). О содержании этих диссертаций будет рассказано ниже.



Олег Октябrevич  
Патаракин



Виктор Николаевич  
Тихонов

К сожалению, и здесь не обошлось без потерь. Сравнительно недавно скончались В.Г. Кириллов-Угрюмов и один из лучших экспериментаторов перечисленной выше тройки — А.Ф. Суставов, памяти которого мы посвятили второе издание книги [3], написанной с его участием.

Ближе к концу 1970-х годов в нашу группу (с 1977 г. — лабораторию) поступила Е.А. Алексеева, внёсшая под руководством О.О. Патаракина большой вклад в расчётно-теоретические работы по физике  $\pi\pi$ -взаимодействия, а ещё попозже В.Н. Тихонов и В.Н. Майоров, которые тоже с большим успехом занимались аналогичной деятельностью. Судьба по-разному распорядилась этой тройкой сотрудников. Алексеева ушла из института, Тихонов стал руководителем нашей лаборатории на последнем этапе её существования, а Майоров очень рано (на пятидесятом с небольшим году жизни) скончался. Мне он вспоминается как человек постоянно интересовавшийся научными новостями, в связи с чем с ним было очень приятно общаться.

Этим Введением мне хотелось бы поблагодарить всех участников наших совместных работ (включая многих, не упомянутых в тексте, но перечисленных в списке литературы) и почтить память ушедших из жизни. К величайшему сожалению, их оказалось очень много! В последующих разделах статьи мы ещё не раз будем возвращаться к воспоминаниям о них как о живых участниках нашей совместной деятельности.

### **1. Начальный этап исследования свойств $\pi$ -мезонов фотоэмульсионным методом (1950–1956 гг.)**

Первой работой по физике  $\pi$ -мезонов [4], которую автор выполнил в 1950 г. вместе с И.И. и ещё одной сотрудницей 12-го сектора Р.И. Герасимовой (Р.И.Г.), стала оценка массы  $\pi^{\pm}$ -мезона. Поскольку  $\pi$ -мезоны были открыты незадолго до этого (в 1947 г.), то тема данной работы была вполне актуальной. Как и первооткрыватель  $\pi$ -мезонов английский физик С. Пауэлл, мы воспользовались фотоэмульсионным методом, т.е. облучали специальные ядерные фотопластинки космическими лучами. Однако в отличие от Пауэлла мы облучали их не на высокой горе, а с помощью шаров-зондов, которые запускали на аэростатной площадке ФИАН

в Долгопрудном (мы ездили туда на «Москвиче» Алперса, подаренном ему Гуревичем).

Идею определения массы  $\pi$ -мезона предложил И.И. Она заключалась в изучении хода кривых  $N(R)$ , где  $N$  — число проявившихся центров металлического серебра (зёрен) на пути частицы, а  $R$  — остаточный пробег, т.е. путь, пройденный частицей до её остановки. Сравнение кривых  $N(R)$  для протонов и  $\pi$ -мезонов позволило оценить массу  $\pi$ -мезона, опираясь на известную массу протона. Поскольку  $\pi$ -мезонных следов было обнаружено сравнительно мало, то в результате их обработки было получено только грубо оценочное значение массы  $\pi$ -мезона  $m_\pi \cong 300 m_e$ , где  $m_e$  — масса электрона. К тому же времени (1950–1951 гг.) относится наша с И.И. и Д.М. Самойлович работа [5] по поиску в составе космических лучей так называемых варитронов, якобы открытых другими советскими физиками электронной методикой. Однако мы этих частиц не обнаружили.

В эти же годы (1950–1951) мы с И.И., В.В. Алперсом и Р.И. Герасимовой повторили работу по определению массы  $\pi$ -мезона, воспользовавшись на этот раз в качестве их источника фазотроном ОИЯИ [6].  $\pi^\pm$ -мезоны рождались в результате бомбардировки свинцовой мишени  $\alpha$ -частицами с энергией 560 МэВ, причём  $\pi^+$ -мезоны были недоступны, так как отклонялись магнитным полем фазотрона внутрь камеры, а  $\pi^-$ -мезоны, отклонявшиеся наружу, удалось вывести из камеры, сформировать в пучки с подходящей для данной работы энергией (1–30 МэВ) и зарегистрировать на фотопластинках, расположенных под скользящим углом к пучкам. Высокая интенсивность пучков медленных  $\pi^-$ -мезонов и специально разработанная методика просмотра и обработки результатов позволили нам значительно уточнить полученную ранее величину массы  $\pi$ -мезона. Идея обработки заключалась в следующем.

Известно, что для частиц с одинаковым зарядом  $N = R\varphi(R/m)$ . Поэтому отношение их масс можно получить из отношения пробегов, соответствующих пересечению обеих кривых  $N^-(R)$  прямыми, проходящими через начало координат. Среднее значение массы  $\pi$ -мезона, полученное таким способом в предположении, что  $m_p = 1836 m_e$ , оказалось

равным

$$m_{\pi} = (273,5 \pm 2,9) m_e. \quad (1)$$

Как выяснилось значительно позже, в то время это было наилучшим приближением к современному значению массы заряженных  $\pi^{\pm}$ -мезонов:  $m_{\pi^{\pm}} = 273,15 m_e$  ( $m_{\pi^{-}} = m_{\pi^{+}}$  как у частицы и античастицы).

Как мы уже говорили выше, в 1952–53 гг. в составе нашей  $\pi$ -мезонной группы, состоявшей из людей среднего возраста (35–40 лет), начали появляться молодые сотрудники Л.М. Барков, Б.А. Никольский, Э.П. Топоркова, двое из которых (Л.М.Б. и Э.П.Т.) сначала были моими дипломниками. Поэтому две последующие работы [7] и [8] по физике  $\pi$ -мезонов были выполнены смешанной по возрасту группой.

В работе [7], выполненной на фазотроне ОИЯИ, были изучены характеристики рождения  $\pi^{\pm}$ -мезонов на ядрах фотоэмульсии под действием протонов с энергией 460 МэВ и нейтронов с эффективной энергией 400 МэВ. Аналогичная работа [8] была сделана после реконструкции фазотрона, энергия протонов в котором была поднята до 660 МэВ. Результаты этих работ были получены в 1953 г. и позднее опубликованы в открытой печати, чего, к сожалению, не удалось сделать для более ранних работ ни по массе  $\pi$ -мезонов, ни по поиску варитронов.

Необходимо отметить, что в работах [7] и [8] была впервые использована новая фотоэмульсионная методика, разработанная В.В. Алперсом при участии его дипломника

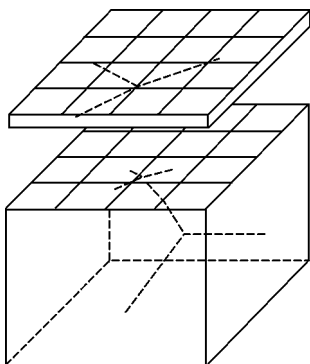


Рис. 1. Схема устройства эмульсионной камеры

А.А. Варфоломеева [9] и названная методом эмульсионной камеры. Эмульсионная камера представляет собой пачку слоёв фотоэмульсии без стёкол, в которых можно проследить треки частиц при их переходе из слоя в слой благодаря наличию общей координатной сетки, нанесённой на всю пачку целиком с помощью рентгеновской установки (рис. 1).

Использование методики эмульсионной камеры позволило проследить полный путь  $\pi^{\pm}$ -мезонов от мес-

та их ионизационной остановки и последующего распада (для  $\pi^+$ ) или захвата ядром (для  $\pi^-$ ) до места рождения. Результатами этих работ стали угловые распределения и энергии рождённых  $\pi$ -мезонов в области малых энергий, в которых удалось обнаружить энергетический сдвиг на 15 МэВ, естественным образом объяснённый влиянием кулоновского барьера (средняя величина его для ядер фотоэмульсии равна 7,5 МэВ). Другими результатами работ [7] и [8] стали оценки сечений рождения медленных  $\pi^\pm$ -мезонов ( $0 \leq E_\pi \leq 40$  МэВ), отношение их количества, которое оказалось близким в обеих работах ( $\pi^+/\pi^- \cong 2,5$  и  $2,3$  соответственно). Кроме свойств рождённых  $\pi^\pm$ -мезонов, в работах [7] и [8] исследовались и сами мезонные «звёзды», т.е. характеристики следов заряженных частиц, образующихся вместе с рождённым  $\pi$ -мезоном, которые сравнивались с аналогичными характеристиками для безмезонных звёзд. Описанные работы легли в основу кандидатской диссертации Э.П. Топорковой, руководителем которой был И.И.

Работы, проведённые на фазотроне, оказались последними по физике  $\pi$ -мезонов из числа выполненных с непосредственным участием И.И., у которого появился повышенный интерес к физике мюонов.

В это время (1956–1957 гг.) в физике элементарных частиц было сделано сенсационное открытие — обнаружено нарушение закона сохранения пространственной чётности, который считался справедливым не только для сильного и электромагнитного взаимодействия, но и для слабого, т.е.  $\beta$ -распада ядер и многих элементарных частиц. В связи с этим была построена новая теория слабого взаимодействия и обнаружены новые явления, подтверждающие её (подробнее см. разд. 8). И поскольку ( $\mu-e$ )-распад происходит по слабому взаимодействию, то прецизионное исследование этого процесса представляет весьма значительный интерес. В результате в секторе И.И. появилось новое — мюонное — направление во главе с ним самим, а ведущим сотрудником мюонной группы стал Б.А. Никольский. Группа Гуревича–Никольского осталась верна фотоэмульсионному методу и, изучив с его помощью особенности ( $\mu-e$ )-распада, с высокой точностью подтвердила выводы новой теории слабого взаимодействия.

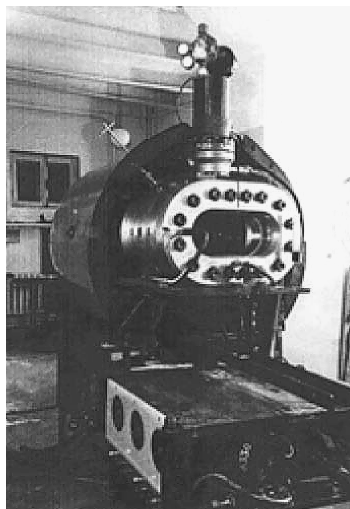
Оставшаяся часть пионной группы с Л.М. Барковым в качестве ведущего сотрудника сохранила интерес к физике  $\pi$ -мезонов, но решила изучать её и вообще физику любых сильно взаимодействующих частиц (адронов) методом пузырьковых камер новой оригинальной конструкции.

## **2. Пузырьковые камеры с импульсным магнитным полем и работа с ними на ускорителях ЛВЭ ОИЯИ и ИТЭФ**

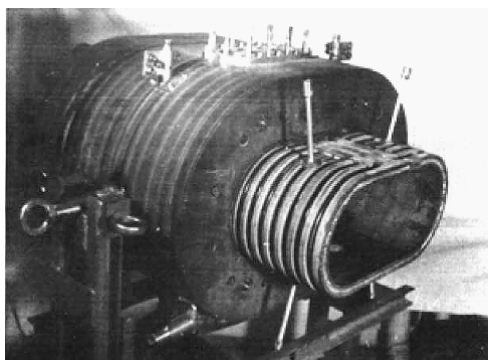
В рассматриваемый период времени (конец 1950-х годов) методика пузырьковых камер была уже хорошо известна, однако мы выбрали совершенно новый — импульсный способ создания в объёме камеры магнитного поля. Наш способ обладал рядом преимуществ, в частности, не требовал использования сверхпроводящей обмотки и позволял получать магнитные поля очень высокой напряжённости. Но реализовать новый метод получения магнитного поля оказалось довольно затруднительно. Если корпус камеры изготавливать из металла, то его надо разрезать по радиусу (во избежание появления токов Фуко из-за импульсного режима). А в случае использования пластмассы — делать чрезвычайно массивным, чтобы выдержал импульсное давление, создаваемое обмоткой. Определённые трудности возникли также из-за необходимости синхронизации импульса магнитного поля с пучком частиц, вспышкой света и работой фотоаппаратов.

Всего, кроме небольшой модели, было изготовлено 3 камеры: две пропановые и одна ксеноновая. Основным конструктором первой пропановой камеры, изготовленной из металла, был Р.С. Шляпников, который, кроме камеры, сконструировал и пульт для управления её работой, а также работой силовой установки для создания импульсного магнитного поля [10]. Общий вид камеры показан на рис. 2, на котором хорошо видно место разреза корпуса камеры. На рис. 3 изображена камера в разобранном виде, где показана обмотка для создания магнитного поля, на рис. 4 — размещение камеры в защитном баке, на рис. 5 — пульт для управления камерой и силовой установкой. Напряжённость магнитного поля в этой камере была сравнительно небольшой (~10 кГс).

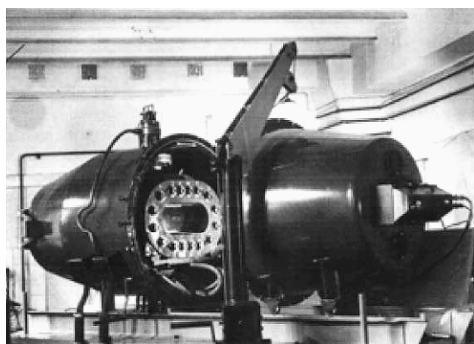




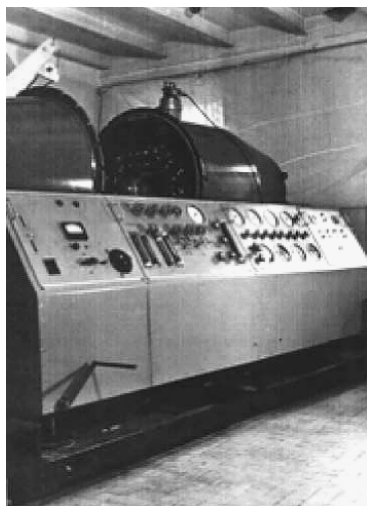
**Рис. 2.** Общий вид пропановой пузырьковой камеры с импульсным магнитным полем



**Рис. 3.** Пузырьковая камера в разобранном виде с обмоткой для создания импульсного магнитного поля



**Рис. 4.** Размещение камеры в защитном баке



**Рис. 5.** Пульт для управления камерой и силовой установкой

В создании второй пропановой камеры (с пластмассовым корпусом), рассчитанной на поле 30–50 кГс, кроме Р.С. Шляпникова, участвовал В.К. Макарьин и совсем молодой в то время, пришедший к нам сразу после диплома, В.П. Мартемьянов [11]. Конструктором ксеноновой камеры с импульсным магнитным полем 70 кГс стал В.К. Макарьин [12]. (См. также [17] и [20].)

Кроме собственно камер, много труда было затрачено на создание полуавтоматических установок для обработки снимков, полученных на наших камерах, а также с помощью водородной камеры наших коллег из ИТЭФ. В этих работах особо важную роль сыграл появившийся в это время в нашей группе В.А. Сустин, о котором мы подробно рассказывали во Введении [13].

После описанного длительного периода методических работ наступило, наконец, время собирать урожай. Первая (металлическая) пропановая камера была вывезена в Дубну и поочерёдно устанавливалась на протонный,  $\pi^-$ ,  $\pi^+$  и  $K^+$ -мезонные пучки синхрофазотрона ОИЯИ на энергию протонов 10 ГэВ.

Для получения импульсного магнитного поля использовалась силовая установка, состоящая из выпрямителя, огромной батареи конденсаторов, размещённых в разных доступных местах помещения, а также громко хлопающего разрядника, который вообще пришлось установить на улице возле входа в здание. Пульт управления камерой и силовой установкой был расположен в радиационно-безопасном месте. (Подробнее см. в [1].)

Публикация результатов, полученных с помощью пропановой пузырьковой камеры началась в 1962 г. Тематика проведённых исследований была довольно разнообразной: поиск новых метастабильных и нестабильных частиц (резонансов) [14], исследование  $pp$ - [15] и  $\pi^+p$ -рассеяния [16] при новых недоступных ранее энергиях протонов и  $\pi^+$ -мезонов. Параллельно велась подготовка к эксплуатации ксеноновой камеры, на которую возлагались очень большие надежды.

Дело в том, что к тому моменту (1975 г.), когда камера уже была изготовлена и испытана в лабораторных условиях [17], у нас полным ходом шла работа по изучению снимков, полученных с помощью водородной камеры, с целью

исследования четырёх каналов реакции  $\pi^{\pm}p \rightarrow \pi\pi N$ . Каждый из этих каналов имел один или два заряженных  $\pi$ -мезона в конечном состоянии, и совокупное изучение всех четырёх каналов позволяло получить очень важную информацию о  $\pi\pi$ -рассеянии (подробнее см. разд. 5 и 6). Однако пятый канал этой реакции с тремя нейтральными частицами в конечном состоянии ( $\pi^{-}p \rightarrow \pi^0\pi^0n$ ) методу водородной камеры был недоступен. Между тем изучение его было весьма желательно, так как он позволял выйти на процесс ( $\pi^{-}\pi^{+} \rightarrow \pi^0\pi^0$ )-рассеяния и получить чистую  $\delta_0^0$ -фазу  $\pi\pi$ -рассеяния без примеси двузначности (подробнее см. разд. 6). И ксеноновая камера в принципе позволяла этот пятый канал детектировать. В связи с этим было решено попытаться получить разрешение дирекции ИТЭФ на облучение ксеноновой камеры пучком  $\pi^{-}$ -мезонов их ускорителя.

С этой целью на одном из заседаний учёного совета ИТЭФ мы доложили о ведущихся в нашей лаборатории работах по исследованию четырёх каналов реакции  $\pi^{\pm}p \rightarrow \pi\pi N$ , подчеркнув желательность изучения пятого канала, и рассказали о конструкции ксеноновой камеры и её возможностях.

В результате обсуждения доклада учёный совет ИТЭФ принял решение включить нашу работу с ксеноновой камерой в планы работ на ускорителе. Камера была перевезена в ИТЭФ и установлена на специально созданный для неё (с участием местных сотрудников) пучок  $\pi^{-}$ -мезонов [18]. Для питания магнита использовалась мощная силовая установка [19], с помощью которой можно было создавать импульсное магнитное поле напряжённостью до 100 кГс.

В процессе облучения камеры была доказана её работоспособность, но из-за очень плохого качества ксенона (который достался нам случайно как оставшийся от других работ, не требовавших его чистоты) снимки получались не вполне чёткими. Тем не менее, процесс  $\pi^{-}p \rightarrow \pi^0\pi^0n$  был зафиксирован по четырем ( $e^{+}e^{-}$ )-парам, смотрящим в точку рождения (и распада, поскольку  $\tau_{\pi^{\pm}} = 10^{-16}$  с)  $\pi^0$ -мезонов [20]. Мы тщетно пытались очистить ксенон и столь же тщетно добыть деньги на новый. Но поскольку чистый ксе-

<sup>3</sup> Наивный завлаб пытался бороться и даже дошел до А.П. Александрова, который обещал помочь, но потом «забыл».

нон оказался очень дорогим, ничего из этого не вышло и работу под давлением руководства отделом пришлось в 1983 г. закрыть<sup>3</sup>.

А теперь вернёмся на 13 лет назад и расскажем о начале нашей деятельности по исследованию  $\pi\pi$ -взаимодействия.

### 3. Расчётно-теоретический метод получения сведений о $\pi\pi$ -взаимодействии из анализа результатов экспериментального исследования реакций $\pi^{\pm}p \rightarrow \pi\pi N$

К моменту начала работ по этому совсем новому по сравнению с дубненской эпопеей направлению в нашей группе сложилась следующая мрачноватая ситуация. Из-за невозможности удовлетворения вполне уместных пожеланий двух весьма квалифицированных сотрудников группы — Баркова и Шляпникова — в смысле их дальнейшего карьерного роста, нам пришлось с ними расстаться. В 1967 г. улетел в Новосибирский институт ядерной физики Л.М. Барков, где он, имея только кандидатскую степень, сразу получил должность завлаба. Для сравнения с нашими возможностями в смысле карьеры заметим, что автор этих заметок получил аналогичную должность только через 10 лет (в 1977 г.), т.е. через 14 лет после защиты докторской диссертации (1963 г.). В такой ситуации мы, конечно, ничего не могли сделать для того, чтобы удержать Баркова. В Новосибирске Барков свою докторскую защитил в 1970 г. (через 3 года после приезда туда (мы с И.И. слетали в Новосибирск, чтобы поздравить его с защитой))<sup>4</sup>, а в 1972 г. (через 2 года) стал чл.-корр. АН, а потом и полным академиком.

Аналогично мы ничего не могли сделать и для Шляпникова, который вполне заслуживал должности старшего научного сотрудника. И он её получил, но в другом инсти-

---

<sup>4</sup> Я уже говорил выше, что Л.М. Барков был нашим с И.И. любимцем. Кроме того, я был хорошо знаком с директором НИЯФ Г.И. Будкером. Мы вместе учились на физфаке МГУ, вместе работали в ИАЭ и МИФИ и даже вместе были в загранкомандировке в США. Поэтому принимали нас обоих, что называется, по первому разряду. В том числе в домашней обстановке в семье Будкера. Мы побывали в его роскошном двухэтажном коттедже с зимним садом. После смерти Будкера в этом коттедже живет Барков.

туте. Для группы это тоже было большой потерей, но постепенно нам удалось обе эти потери в какой-то мере компенсировать.

Дело в том, что я уже в 1952 г. (когда защитил кандидатскую диссертацию) был приглашён на преподавательскую работу по совместительству в МИФИ, а после защиты докторской и последующего присвоения профессорского звания, получил возможность пополнения своей группы студентами-дипломниками. В результате в группе последовательно (с некоторыми интервалами) появились новые молодые сотрудники: А.Ф. Сустанов, А.А. Картамышев и О.О. Патаракин (о которых уже было рассказано во Введении), а ещё через некоторое время тоже из МИФИ пришла на диплом и затем стала сотрудником группы (лаборатории) Е.А. Алексеева. Кроме того, наша лаборатория пополнилась несколькими микроскопистами, перешедшими к нам из других групп. Вот этот почти полностью обновлённый коллектив группы и приступил к исследованию пион-пионного взаимодействия.

Началось всё с того, что наши «пузырьковые» коллеги из ИТЭФ (в Дубне мы со своими камерами первоначально были соседями) любезно предложили нам серию снимков с водородной камеры, сделанных ими на  $\pi^-$ - и  $\pi^+$ -пучках собственного ускорителя, с правом исследования тех процессов, которые их не интересовали. Мы выбрали реакции рождения пионов пионами



где  $\pi$  — это  $\pi^+$ -,  $\pi^-$ - или  $\pi^0$ -мезон, а  $N$  — нуклон (протон  $p$  или нейтрон  $n$ ).

Выбор реакций (2) для детального исследования был сделан из следующих соображений. Как уже говорилось, первая теория сильного взаимодействия, согласующаяся с важнейшими свойствами атомного ядра (большая энергия связи и малое расстояние между нуклонами), была предложена в 1935 г. японским физиком-теоретиком Х. Юкавой, который предположил, что мощное притяжение, удерживающее внутри атомного ядра не только не имеющие заряда нейтроны, но и *одноимённо* заряженные протоны, объясняется обменом между ними *виртуальными* частицами с массой  $\sim 200 m_e$ , играющими роль ядерных квантов.

Очень приблизительно схему рассуждений Юкавы можно себе представить так. В соответствии с квантовомеханическим соотношением неопределённостей

$$\Delta E \Delta t \approx \hbar, \quad (3)$$

где  $\hbar$  — постоянная Планка, а  $\Delta E = mc^2$  — допустимая степень «нарушения» закона сохранения энергии в замкнутой системе, такие виртуальные частицы могут возникать как бы «из ничего» на короткое время  $\Delta t \approx 10^{-23}$  с, за которое они, двигаясь со скоростью, близкой к скорости света, способны пролететь расстояние между нуклонами  $a \approx 2 \cdot 10^{-13}$  см, осуществляя тем самым взаимодействие между ними. Добавим ещё, что в отличие от реальных частиц, у которых масса  $m$ , импульс  $p$  и полная энергия  $\varepsilon$  связаны между собой инвариантным выражением  $\varepsilon^2 = m^2 + p^2$  (в системе, где  $c = 1$ ), для виртуальных частиц  $\varepsilon^2 \neq m^2 + p^2$ . Преобразование виртуальной частицы в реальную называется выведением её на массовую поверхность.

После открытия в 1947 г. в составе космических лучей  $\pi^\pm$ -мезонов с массой, близкой к предсказанной Юкавой, его теория блестяще подтвердилась. Виртуальные частицы стали реальными, а вскоре их научились не только обнаруживать в составе космических лучей, но и получать искусственно на ускорителях. При этом, кроме уже известных  $\pi^\pm$ -мезонов с массой  $m_{\pi^\pm} = 273,15 m_e$ , был открыт нейтральный  $\pi^0$ -мезон с массой  $m_{\pi^0} \approx 264,14 m_e$ , который за время  $\tau_{\pi^0} \approx 10^{-16}$  с распадается на 2  $\gamma$ -кванта. После этого открытия природа взаимодействия между нуклонами ядра стала вполне полной: ядерное притяжение *разных* нуклонов ( $p$  и  $n$ ) объясняется обменом заряженными  $\pi^\pm$ -мезонами, а между одинаковыми ( $pp$  или  $nn$ ) — нейтральными ( $\pi^0$ ). Непроверенным осталось только одно предполагаемое свойство  $\pi$ -мезонов (в существовании которого физики были твёрдо уверены) — большая вероятность взаимодействия  $\pi$ -мезонов между собой —  $\pi\pi$ -взаимодействия, т.е. рассеяния кванта на кванте. Этот эффект должен быть велик потому, что  $\pi$ -мезон — квант сильного (самого сильного) взаимодействия. Однако проверить это предположение и даже просто описать процесс  $\pi\pi$ -рассеяния оказалось затруднительно. И вот почему.

Как известно, амплитуда рассеяния микрочастиц в квантовой теории рассеяния выражается комплексной функцией  $f(\theta)$ , которую обычно разлагают в ряд по состояниям с орбитальным моментом  $l$  — парциальным волнам ( $l = 0$  соответствует  $S$ -волне,  $l = 1$  —  $P$ -волне и т.д.):

$$f(\theta) = \frac{1}{2ik} \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1)(S_l - 1)P_l(\cos \theta), \quad (4)$$

где  $k = p/\hbar$  — волновой вектор,  $P_l(\cos \theta)$  — полином Лежандра,  $S_l$  — комплексные функции энергии, зависящие от характера взаимодействия и являющиеся элементами  $S$ -матрицы (матрицы рассеяния). В общем случае  $|S| \leq 1$ . В случае упругого рассеяния  $|S| = 1$ , а

$$S_l = e^{2i\delta_l}, \quad (5)$$

где  $\delta_l$  — вещественный параметр упругого рассеяния, называемый фазой рассеяния.

Сечение упругого рассеяния с орбитальным моментом  $l$  равно

$$\delta_l^{\text{упр}} = \pi\lambda^2 (2l+1)|S_l - 1|^2 = 4\pi\lambda^2 (2l+1)\sin^2 \delta_l, \quad (6)$$

где  $\lambda$  — длина волны де Бройля<sup>5</sup>. Оно растет от 0 при  $\delta_l = 0$  до максимального (резонансного) значения при  $\delta_l = \pi/2$ :

$$\left(\delta_l^{\text{упр}}\right)_{\text{max}} = 4\pi\lambda^2 (2l+1) \quad (7)$$

и падает при  $\delta_l > \pi/2$  до нуля при  $\delta_l = \pi$ . В окрестности резонансного значения энергии  $E_0$  ход сечения описывается формулой Брейта–Вигнера

$$\delta_l = 4\pi\lambda^2 (2l+1) \frac{(\Gamma/2)^2}{(E - E_0)^2 + (\Gamma/2)^2}, \quad (8)$$

где  $\Gamma$  — ширина резонанса на его полувысоте.

<sup>5</sup>  $4\sin^2 \delta_l$  получается в результате преобразования  $e^{2i\delta_l}$  по формуле Эйлера. Полезно иметь в виду, что из формулы (6) следует двузначность фазы при получении ее из сечения. Так, например,  $\delta_l^{\text{упр}} = \pi\lambda^2 (2l+1)$  как при  $\delta_l = 30^\circ$ , так и при  $\delta_l = 150^\circ$ . Аналогичными парами углов являются:  $(45^\circ$  и  $135^\circ)$ ,  $(60^\circ$  и  $120^\circ)$  и т.п. Двузначность фазы может также возникнуть в результате своеобразной примеси  $P$ -волны (см. разд. 6 и 7).

Все эти и некоторые другие выводы теории рассеяния были неоднократно проверены экспериментально при изучении взаимодействия многих элементарных частиц, например, при  $pp$ -,  $np$ -,  $\pi^{\pm}p$ -,  $e^{-}e^{-}$ -,  $e^{-}e^{+}$ -,  $\bar{p}p$ -рассеянии. В первых трёх случаях изучается рассеяние пучка частиц на протонной мишени, в остальных роль мишени выполняют встречные пучки (в протонных коллайдерах  $pp$ -рассеяние тоже изучается методом встречных пучков). Однако ни тот, ни другой способ для исследования  $\pi\pi$ -рассеяния реализовать невозможно, так как, разумеется, не существует  $\pi$ -мезонной мишени и пока ещё не созданы встречные  $\pi$ -мезонные пучки. Поэтому единственным способом изучения  $\pi\pi$ -рассеяния и получения для него всех перечисленных выше параметров теории рассеяния (фазы, сечения, характеристики резонанса:  $E_0$  и  $\Gamma$  и некоторых других) является расчётно-теоретическое извлечение их из результатов исследования реально наблюдаемых процессов, механизм протекания которых чувствителен к вкладу от  $\pi\pi$ -взаимодействия. Одними из подобных процессов и являются выбранные нами реакции  $\pi^{\pm}p \rightarrow \pi\pi N$ . Изучая угловые и энергетические распределения пионов, образующихся в конечном состоянии этих реакций, можно получить представление о свойствах *реального*  $\pi\pi$ -взаимодействия, т.е. как бы исследовать неосуществимый пока процесс столкновения двух свободных  $\pi$ -мезонов между собой.

Очень приблизительно (не выходя за рамки принятого здесь популярного изложения) сущность использованной нами расчётно-теоретической методики исследования реакций  $\pi^{\pm}p \rightarrow \pi\pi N$  заключается в следующем. В 1959 г. американские физики-теоретики Дж. Чу и Ф. Лоу предположили, что реакция типа  $\pi p \rightarrow \pi\pi N$  идёт в механизме однопионного обмена (ОПО), т.е. столкновения реального налетающего  $\pi$ -мезона с одним из виртуальных  $\pi$ -мезонов, испускаемых на короткое время протоном мишени, в процессе которого образующаяся после рассеяния виртуальная пионная пара преобразуется в пару реальных  $\pi$ -мезонов, наблюдаемых в конечном состоянии реакции. Если предположение об ОПО-механизме реакции  $\pi p \rightarrow \pi\pi N$  справедливо, то, согласно Чу и Лоу, существует конкретный способ выделения виртуаль-



ного вклада однопионного обмена из *реальных* экспериментально полученных данных о реакции  $p\pi \rightarrow \pi\pi N$  и преобразовании его в *реальные* же характеристики процесса взаимодействия двух *свободных*  $\pi$ -мезонов [21]<sup>6</sup>.

В частности, ими была предложена формула, позволяющая получать сечение  $\pi\pi$ -взаимодействия  $\sigma_{\pi\pi}(m_{\pi\pi})$  как функцию эффективной (т.е. учитывающей взаимную кинетическую энергию) массы обоих  $\pi$ -мезонов  $m_{\pi\pi}$  из измеренного дважды дифференциального сечения реакции  $p\pi \rightarrow \pi\pi N$  (формула Чу-Лоу):

$$\begin{aligned} \sigma_{\pi\pi}(m_{\pi\pi}) &= \lim_{t' \rightarrow m_{\pi}^2} F(t', m_{\pi\pi}) = \\ &= \lim_{t' \rightarrow m_{\pi}^2} \left[ \frac{\partial^2 \sigma_{\pi\pi N}}{\partial t' \partial m_{\pi\pi}} \frac{2\pi}{\alpha f^2} \frac{p_{\pi}^2 (t' - m_{\pi}^2)^2}{m_{\pi\pi} q} \right]. \quad (9) \end{aligned}$$

Здесь  $\alpha$  — численный коэффициент, равный единице для реакций  $\pi^{\pm} p \rightarrow \pi^{\pm} \pi^0 p$  и двум для реакций  $\pi^{\pm} p \rightarrow \pi^{\pm} \pi^{\pm} n$ ,  $f^2 = 0,08$  — константа  $\pi N$ -взаимодействия,  $p_{\pi}$  — импульс налетающего  $\pi$ -мезона,  $q = (m_{\pi\pi}^2/4 - m_{\pi}^2)$  — импульс вторичного  $\pi$ -мезона в системе покоя дипиона,  $t'$  — квадрат переданного четырёхимпульса в единицах  $m_{\pi}^2$ . При этом характеристики  $\pi\pi$ -взаимодействия можно получить либо фитированием экспериментальных результатов в физической области, либо экстраполяцией их в пионный полюс, где  $t' = m_{\pi}^2$  и виртуальный  $\pi$ -мезон становится реальным («выходит на массовую поверхность»)<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> Аналогичный метод независимо от Чу и Лоу (и даже несколько раньше их) предложил Ч. Гейбл [22].

<sup>7</sup> Напомним, что четырёхимпульсом  $P$  в специальной теории относительности называется величина, характеризующая движение частицы с массой  $m$  в четырёхмерном пространстве Минковского с координатами  $x, y, z, t$ , где  $t$  — время. Обычными (трёхмерными) компонентами  $P$  являются три проекции импульса ( $p_x, p_y, p_z$ ), а четвёртой (временной) — полная энергия частицы  $\epsilon$ . При рассмотрении упругого рассеяния  $\pi$ -мезонов:  $\pi_1 + \pi_2 \rightarrow \pi_3 + \pi_4$  используется величина  $t'$ , которая обозначает квадрат передачи четырёхимпульса  $P$  от падаю-

Замечательной особенностью метода Чу–Лоу является принципиальная возможность проведения с его помощью фазового анализа, т.е. получения всех существенных (в выбранной области  $m_{\pi\pi}$ ) фаз  $\pi\pi$ -рассеяния при всех значениях  $m_{\pi\pi}$ , если использовать разные каналы реакции  $\pi r \rightarrow \pi\pi N$  (с различными знаками заряда у входящего и выходящих  $\pi$ -мезонов). Мы (и только мы в начальный момент нашей работы) располагали такой возможностью, благодаря чему единой методикой в пределах одной и той же лаборатории получили взаимно согласованные значения пяти фаз для области упругого  $\pi\pi$ -рассеяния, а также некоторые другие важные параметры  $\pi\pi$ -взаимодействия для четырех зарядовых каналов:  $\pi^- \pi^+$ ,  $\pi^- \pi^0$ ,  $\pi^+ \pi^0$  и  $\pi^+ \pi^+$  (см. разд. 6). Как указывалось выше, пятый канал рассеяния ( $\pi^- \pi^+ \rightarrow \pi^0 \pi^0$ ) нам изучить не удалось, но он не добавил бы новых фаз, а лишь мог уточнить ход одной из полученных.

Интересно отметить, что применённый нами способ получения всех существенных в выбранной области фаз является единственно возможным, тогда как другая важная (и тоже вещественная) характеристика — длина рассеяния  $a_l^I$ , связанная с фазой соотношением

$$a_l^I = \lim_{q \rightarrow 0} \frac{\delta_l^I(q)}{q^{2l+1}}, \quad (10)$$

( $q$  — импульс вторичного  $\pi$ -мезона в системе дипиона), о которой мы подробнее расскажем в разд. 6, может быть получена и другими методами (см. разд. 10).

---

щего  $\pi$ -мезона ( $\pi_1$ ) рассеянному ( $\pi_3$ ):  $t' = (P_1 - P_3)^2$ . Величина  $t'$  наряду с двумя аналогичными:  $s = (P_1 + P_2)^2$  и  $u = (P_1 - P_4)^2$  используется в так называемом представлении Мандельштама для описания амплитуд рассеяния элементарных частиц. (Обычно их обозначают  $s$ ,  $t$ ,  $u$ , мы ввели штрих у  $t'$  для отличия от времени  $t$ .) Все эти три величины релятивистски инвариантны.

Экстраполяцию в пионный полюс наглядно можно себе представить примерно так. В процессе предельного перехода  $(P_1 - P_3)^2 \rightarrow m_\pi^2$ , т.е.  $(P_1 - P_3) \rightarrow m_\pi$ , реальный налетающий  $\pi$ -мезон ( $\pi_1$ ) как бы выделяет из состава своего четырёхимпульса  $P_1$  некую долю энергии-импульса, эквивалентную массе  $\pi$ -мезона  $m_\pi$  и передаёт ее виртуальному  $\pi$ -мезону ( $\pi_2$ ), превращая его тем самым из кратковременного ( $\Delta t \sim 10^{-23}$  с) всплеска энергии  $\Delta E \sim 150$  МэВ Юкавы в реальную частицу ( $\pi_3$ ) с массой  $m_\pi$  и конечным временем жизни  $\tau_\pi$ . Сам налетающий  $\pi$ -мезон при этом тоже остается реальной частицей ( $\pi_4$ ).

Однако при всех преимуществах метода Чу–Лоу следует помнить, что полученные с его помощью результаты справедливы в предположении доминирования ОПО-процесса в механизме протекания реакции  $\pi p \rightarrow \pi N$ . Поэтому справедливость этого предположения неоднократно проверялась и подтверждалась (в том числе нами). Одним из наиболее убедительных подтверждений является совпадение сечений и угловых распределений  $\pi^+ p$ -рассеяния, измеренных непосредственно при изучении рассеяния пучка  $\pi^+$ -мезонов на протонной мишени и полученных по методу Чу и Лоу из реакции  $\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \pi^0 p$ . Ещё более убедительное подтверждение приведено в конце разд. 10.

#### 4. Методика просмотра и предварительной обработки фотоматериала с водородной камеры

Предоставленный нам из ИТЭФ материал представлял собой ~ 130.000 стереофотографий, полученных при облучении водородной пузырьковой камеры с магнитным полем 20 кГс пучком  $\pi^-$ -мезонов с импульсом  $p_{\pi^-} = 4,5$  ГэВ/с, и ~ 87.000 — пучком  $\pi^+$ -мезонов с импульсом  $p_{\pi^+} = 3,05$  ГэВ/с. Фотографирование камеры проводилось на широкоформатную 80 мм плёнку тремя фотоаппаратами. Плёнки просматривались на проекционных аппаратах типа «Микрофот» с целью отбора двухлучевых событий, т.е. с двумя следами от заряженных частиц, выходящих в виде «V-вилки» из конца следа первичного  $\pi$ -мезона.

Отобранные двухлучевые события обмерялись на полуавтоматических установках и обрабатывались по специальной программе [23], которая восстанавливает геометрию события, вычисляет параметры следов и с помощью критерия  $\chi^2$  гипотетически относит каждое событие к одной из следующих возможных реакций:

$$\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^+ n, \quad \pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^0 p, \quad (11)$$

$$\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \pi^+ n, \quad \pi^+ p \rightarrow \pi^+ \pi^0 p, \quad (12)$$

или процессов упругого рассеяния:

$$(\pi^- p \rightarrow \pi^- p)_{\text{упр}} \text{ и } (\pi^+ p \rightarrow \pi^+ p)_{\text{упр}}, \quad (13)$$

которые были нормировочными.

На печать программа выводила импульсы и направляющие косинусы для всех заряженных частиц, входящих в принятую гипотезу, а также степень ионизации первичного следа (принимаемую за единицу) и предсказываемую программой степень ионизации вторичных частиц (для протонов и  $\pi$ -мезонов с данным импульсом она различна). Правильность идентификации события проверялась измерением степени ионизации, которая сравнивалась с предсказанной программой. Несовпадение означало, что данное событие не относится ни к одному из перечисленных в (11)–(13), а, например, содержит ещё один или несколько  $\pi^0$ -мезонов.

В результате обмера и дополнительного просмотра на ионизацию было получено по несколько тысяч правильно идентифицированных событий каждого из перечисленных в (11)–(13) типов. Эти события обрабатывались по новым специально составленным программам, с помощью которых были получены значения инвариантных дипионных масс  $m_{\pi\pi}$ , инварианта  $t'$ , косинусов углов разлёта частиц в с.ц.и. и системе покоя дипиона и др. Этой информации было достаточно для проведения фазового анализа, т.е. получения всех упомянутых выше характеристик упругого  $\pi\pi$ -рассеяния (см. разд. 6).

## 5. Первые результаты исследования реакций $\pi^\pm p \rightarrow \pi\pi N$

Первыми результатами исследования двухлучевых событий стали сечения процессов (11)–(13). Их значения были получены в работах [24–28] и приведены в табл. 1. Заме-

Таблица 1

Процесс	Импульс первичного $\pi$ -мезона, ГэВ/с	Число событий	Сечение, мбн
$(\pi^- p \rightarrow \pi^- p)_{\text{упр}}$	4,5	5936	$6,21 \pm 0,019$
$(\pi^+ p \rightarrow \pi^+ p)_{\text{упр}}$	3,05	5615	$7,02 \pm 0,23$
$\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^0 p$	4,5	4900	$2,01 \pm 0,15$
$\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^+ n$	4,5	2500	$3,04 \pm 0,20$
$\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \pi^0 p$	3,05	2600	$3,26 \pm 0,24$
$\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \pi^+ n$	3,05	3300	$2,18 \pm 0,16$

тим, что при их получении была использована оптическая теорема (см. о ней в разд. 7).

Второй результат уже относится непосредственно к пп-взаимодействию. В процессе однопионного обмена реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^+ n$  и  $\pi^\pm p \rightarrow \pi^\pm \pi^0 p$  могут идти через резонансные значения эффективных масс двух  $\pi$ -мезонов  $m_{\pi\pi}$  и  $\pi$ -мезона и нуклона  $m_{\pi N}$ , т.е. через рождение  $\rho^0, \rho^+, \rho^-, f^0, g^-, g^0$  и  $\Delta^\pm$ -резонансов. Сечения рождённых  $\Delta^\pm$ -резонансов при наших энергиях невелики, однако отражения этих резонансов влияют на распределение событий по эффективной массе дипиона  $m_{\pi\pi}$ , что было учтено специальным расчётом. В качестве примера на рис. 6 показано распределение событий реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^+ n$  по эффективной массе дипиона  $m_{\pi\pi}$ , в котором наряду с  $\rho^0, f^0$ - и  $g^0$ -резонансами учтены вклады от фазового объёма и отражения  $\Delta$ -резонанса. Исследование этого

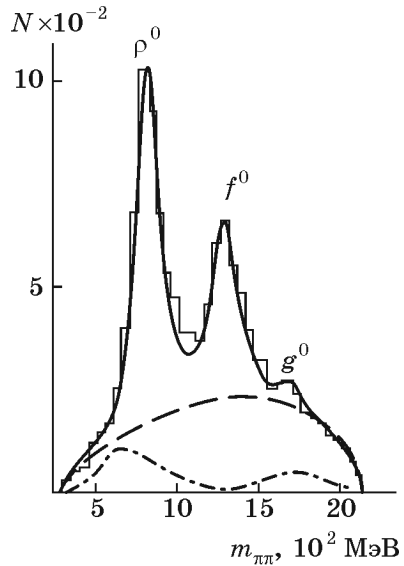


Рис. 6. Распределение событий реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^+ n$ . Штрихпунктиром показано отражение  $\Delta(1232)$ -резонанса увеличенное в 5 раз, штриховая кривая — фазовый объём, сплошная кривая — сумма брейт-вигнеровских кривых для  $\rho^0, f^0$  и  $g^0$ -резонансов, фазового объёма и отражения  $\Delta(1232)$

Таблица 2

Резонанс	$m_{\pi\pi}$ , МэВ	$\Gamma$ , МэВ	$\sigma$ , мбн	$P_\pi$ , ГэВ/с
$\rho^-$	$790 \pm 15$	$180 \pm 15$	$0,50 \pm 0,04$	4,5
$\rho^0$	$790 \pm 10$	$170 \pm 10$	$0,85 \pm 0,05$	4,5
$\rho^+$	$780 \pm 15$	$140 \pm 15$	$1,07 \pm 0,11$	3,05
$f^0$	$1270 \pm 20$	$200 \pm 30$	$0,52 \pm 0,04$	4,5
$g^-$	$1680 \pm 20$	$190 \pm 25$	$0,03 \pm 0,03$	4,5
$g^0$	$1680 \pm 20$	$190 \pm 25$	$0,05 \pm 0,03$	4,5
$\Delta^0$	1232	120	$0,06 \pm 0,02$	4,5
	(фиксирована)	(фиксирована)		

распределения (и аналогичных для других реакций) было проведено в работах [29–32]. Оно позволило получить параметры идентифицированных дипионных и  $\Delta$ -резонансов (сечения, эффективные массы и ширины), которые приведены в табл. 2.

## 6. Фазовый анализ $\pi$ -рассеяния

Целью расчётно-теоретической процедуры фазового анализа является получение детальных сведений о  $\pi\pi$ -рассеянии, т.е. всех существенно важных фаз для изучаемой области упругого рассеяния, а также длин рассеяния. Как мы уже говорили в конце разд. 4, в результате обработки событий (11) и (12) по специальным программам были получены угловые распределения и другая информация для  $\pi$ -мезонов в системе покоя дипиона, которая и позволила провести фазовый анализ  $\pi\pi$ -рассеяния. Этой процедурой мы занимались в общей сложности около 10 лет и посвятили ей добрый десяток работ ([33–42]), а рассказать об этой многолетней деятельности попытаемся на нескольких страницах.

Во избежание недоразумения заметим, что, строго говоря,  $\pi\pi$ -рассеяние является упругим до 560 МэВ ( $4m_\pi$ ), когда становится возможным рождение дополнительной пары  $\pi$ -мезонов. Однако практически процесс  $\pi^-\pi^+ \rightarrow \pi^-\pi^+$  остаётся упругим вплоть до порога рождения  $K\bar{K}$ -пары, т.е. до 960 МэВ, а  $\pi^\pm\pi^0 \rightarrow \pi^\pm\pi^0$  и  $\pi^\pm\pi^\pm \rightarrow \pi^\pm\pi^\pm$  даже до 1200 МэВ. В этих пределах упругое  $\pi\pi$ -рассеяние может быть охарактеризовано  $S$ -,  $P$ - и  $D$ -волнами, т.е. пятью фазами  $\delta_0^0$ ,  $\delta_0^2$ ,  $\delta_1^1$ ,  $\delta_2^0$  и  $\delta_2^2$ , пятью длинами рассеяния  $a_0^0$ ,  $a_0^2$ ,  $a_1^1$ ,  $a_2^0$  и  $a_2^2$ , где верхний индекс указывает значение изотопического спина  $I$ , а нижний — орбитального момента  $l$  дипиона (как известно, спин  $\pi$ -мезона равен нулю).

Процедура фазового анализа была начата с подготовки имеющегося у нас материала, на который был наложен ряд ограничений, в том числе по  $t'$ , которые способствуют уменьшению вклада от фоновых обменных процессов, происходящих с участием более тяжёлых, чем пион, частиц, т.е. делает предположение о доминировании однопионного обмена ещё более убедительным. После всех ограничений

число оставшихся событий для разных каналов реакции составило от 1100 до 3000, что позволило провести фазовый анализ в области дипионных масс  $320 \leq m_{\pi\pi} \leq 980$  МэВ для реакции

$$\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^+ n \quad (14)$$

и  $387 \leq m_{\pi\pi} \leq 1215$  МэВ для реакций

$$\pi^\pm p \rightarrow \pi^\pm \pi^0 p \quad \text{и} \quad \pi^\pm p \rightarrow \pi^\pm \pi^\pm n. \quad (15)$$

Исходным материалом для фазового анализа являются сечения пион-пионного рассеяния  $\sigma_{\pi\pi}$  и угловые распределения пионов. Как было рассказано в разд. 3,  $\sigma_{\pi\pi}$  обычно получают экстраполяцией в пионный полюс функции

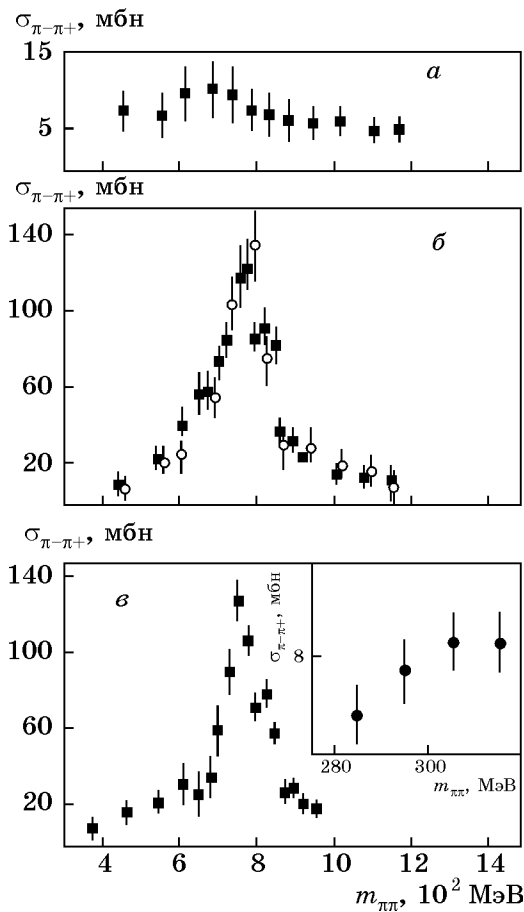
$$F(t', m_{\pi\pi}) = \frac{\partial^2 \sigma_{\pi\pi N}}{\partial t' \partial m_{\pi\pi}} \frac{2\pi p_\pi^2 (t' - m_\pi^2)^2}{\alpha f^2 m_{\pi\pi} q}, \quad (16)$$

где все обозначения такие же, как в (9). В настоящей работе использовался несколько видоизмененный метод так называемого псевдопериферического приближения, который позволяет уменьшить погрешность процедуры экстраполяции (подробнее см. [40] и [43]). В результате для  $\sigma_{\pi\pi}$  получается выражение

$$\sigma_{\pi\pi}(m_{\pi\pi}) = \lim_{t' \rightarrow m_\pi^2} F(t', m_{\pi\pi})/t' = F(m_\pi^2, m_{\pi\pi})/m_\pi^2. \quad (17)$$

Полученные сечения  $\sigma_{\pi\pi}$  для всех зарядовых состояний приведены на рис. 7. Угловые распределения вторичных пионов описывались усредненными сферическими гармониками  $Y_L^0(m_{\pi\pi})$  и также экстраполировались в пионный полюс.

Фазовый анализ может быть выполнен либо энергетически независимым методом, когда решения для фаз и коэффициентов упругости находят отдельно для каждого интервала значений  $m_{\pi\pi}$ , либо энергетически зависимым методом, когда поведение  $S$ -,  $P$ -,  $D$ -волновых фаз параметризуется различными функциями от  $m_{\pi\pi}$  и  $q$ . В нашей работе были использованы оба метода, которые дали взаимно согласованные



**Рис. 7.** Значения пион-пионных сечений  $\sigma_{\pi\pi}$  для различных заряженных каналов: *a* —  $\pi^+\pi^+ \rightarrow \pi^+\pi^+$ ; *б* —  $\pi^-\pi^0 \rightarrow \pi^-\pi^0$  (черные точки ■) и  $\pi^+\pi^0 \rightarrow \pi^+\pi^0$  (светлые кружочки ○); *в* —  $\pi^-\pi^+ \rightarrow \pi^-\pi^+$ ; на вставке даны значения  $\sigma_{\pi\pi}$  вблизи порога, полученные из анализа фотоэмульсионных данных

результаты. На рис. 8 приведён результат расчёта для  $\delta_0^0$ -фазы, полученный энергетически независимым методом [35]. Обращает на себя внимание двузначное поведение  $\delta_0^0$ -фазы (на возможность появления которого мы намекали в разд. 3). Эта двузначность  $\delta_0^0$ -фазы стала серьёзной трудностью и даже получила специальное название «up-down»-проблемы, которая обсуждалась вплоть до завершения нашей работы в 2000 г., в том числе нами [52] (см. разд. 7).



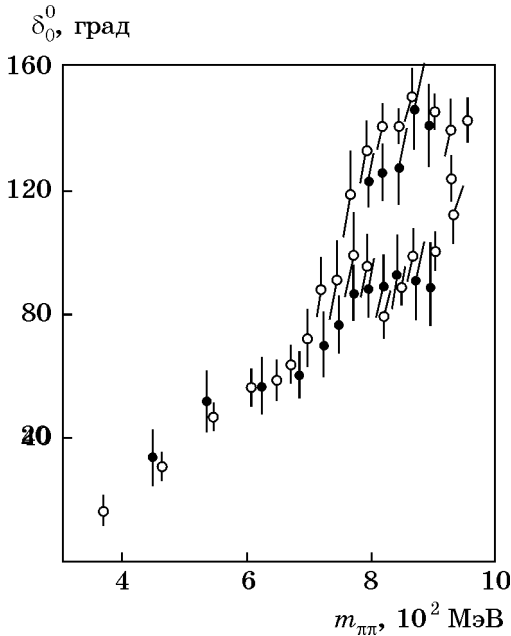


Рис. 8. Два варианта расчета для  $\delta_0^0$ -фазы, полученной энергетически независимым методом из реакций  $\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^+ n$  при  $F_{\pi^-} = 4,5$  ГэВ/с

Как мы уже говорили выше, зная величину фазы  $\pi\pi$ -рассеяния  $\delta_l^I$ , можно, экстраполируя её к порогу образования дипиона, получить ещё одну вещественную характеристику  $\pi\pi$ -взаимодействия — длину рассеяния  $a_l^I$ :

$$a_l^I = \lim_{q \rightarrow 0} \frac{\delta_l^I(q)}{q^{2l+1}} \quad (18)$$

где  $I$  — изотопспин,  $l$  — орбитальный момент,  $q$  — импульс вторичного  $\pi$ -мезона в системе покоя дипиона.

Длина рассеяния очень важная характеристика  $\pi\pi$ -взаимодействия, потому что её значение предсказывается в целом ряде теоретических моделей, в том числе, как будет отмечено позже (см. разд. 10), относящихся к современной квантовой хромодинамике (КХД). Другими словами, экспериментальное определение длин  $\pi\pi$ -рассеяния позволяет отдать предпочтение какой-либо определённой теоретической модели, т.е. в конечном итоге подтвердить справедливость заложенных в основу модели важнейших параметров КХД.

Отдельного рассмотрения потребовал вопрос о надёжности метода экстраполяции в физике  $\pi\pi$ -взаимодействия. В своей работе мы сталкивались с ним уже при экстраполяции к полюсу сечений и сферических гармоник, но особые трудности возникли при получении длин рассеяния.

Дело в том, что, как предположили теоретики и экспериментально подтвердили мы в совместной работе с физиками ОИЯИ [37], реальная часть  $S$ -волновой амплитуды имеет подпороговый нуль недалеко от физической области. В связи с этим в случае  $S^0$ -волны нельзя пользоваться обычно применявшимся при экстраполяции из области  $m_{\pi\pi} > 400$  МэВ стандартным методом (так называемым приближением эффективного радиуса [34], который в данном случае приводит к завышенному значению  $a_0^0$ ). В упомянутой работе [37] мы справились с этой трудностью, используя для экстраполяции данные в околопороговой области  $280 \leq m_{\pi\pi} \leq 320$  МэВ, полученные сотрудниками ОИЯИ еще в 1965 г. [44]. В результате для  $a_0^0$  было получено значение<sup>8</sup>

$$a_0^0 = (0,24 \pm 0,07) m_\pi^{-1}. \quad (19)$$

## 7. Получение длин $\pi\pi$ -рассеяния методом дисперсионных соотношений

Кроме описанного выше экстраполяционного способа определения длин рассеяния, в нашей работе применялся расчётно-теоретический метод, предложенный в 1971 г. С. Роем [45]. Свои уравнения Рой получил, используя дисперсионные соотношения, основанные на свойствах унитарности, аналитичности и кроссинг-симметрии амплитуды рассеяния.<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Длину рассеяния со времен Чу и Лоу было принято выражать в единицах  $\mu^{-1}$  (обратная масса обменной частицы). В нашем случае  $\mu^{-1} = m_\pi^{-1}$ .

<sup>9</sup> Перекрестной (кроссинг) симметрией в квантовой теории поля называется симметрия, связывающая амплитуду рождения какой-либо частицы с амплитудой поглощения соответствующей античастицы. Так, например, двухчастичная реакция  $a + b \rightarrow c + d$  кроссинг-симметрична процессу  $a + \bar{d} \rightarrow c + \bar{b}$ , где  $\bar{d}$  и  $\bar{b}$  — античастицы частиц  $d$  и  $b$ . Таким образом, существует своеобразная алгебра частиц и античастиц, разрешающая переносить частицу из начальной стадии реакции в конечную или наоборот, если при этом частица заменяется на соответствующую античастицу.

Напомним, что в самом общем случае дисперсионными соотношениями называются вытекающие из теории величины или связи (соотношения), которые можно проверить экспериментально. В разд. 3, например, мы говорили о теоретическом описании рассеяния элементарных частиц с помощью комплексной функции  $f(\theta)$ , которая весьма мало похожа на классическое описание рассеяния с использованием наглядного понятия прицельного параметра. Однако квадрат модуля этой функции  $|f(\theta)|^2$  пропорционален сечению рассеяния частиц  $\sigma$ , которые можно измерить.

В квантовой теории рассеяния были получены и другие проверяемые на опыте результаты. Известно, например, что мнимая часть амплитуды рассеяния вперед (на угол  $\theta = 0^\circ$ ) выражается через полное сечение рассеяния, которое можно измерить (оптическая теорема). Ещё один проверяемый результат теории был получен в квантовой теории поля. Он заключается в равенстве сечений взаимодействия частицы и античастицы с одной и той же мишенью в предельном переходе к очень высоким энергиям (теорема Померанчука). Экспериментальная проверка этого вывода теории для протонов  $p$  и антипротонов  $\bar{p}$  показала, что при  $p_{\text{лаб}} = 2 \cdot 10^3$  ГэВ/с  $\sigma_{\bar{p}p} \approx \sigma_{pp}$ , тогда как при  $p_{\text{лаб}} = 5$  МэВ/с  $\sigma_{\bar{p}p} \approx 1,5\sigma_{pp}$ .

Экспериментальное подтверждение соотношений между измеряемыми величинами, вытекающих из теории, позволяет проверить справедливость теории, т.е. правильность предположений, положенных в основу механизма изучаемого процесса. Мы в разд. 3 фактически уже использовали дисперсионные соотношения (не называя их по имени), когда экспериментально проверяли доминантность ОПО-процесса в механизме реакции  $\pi^+p \rightarrow \pi^+\pi^0p$ .

Что касается дисперсионных соотношений, использованных Роем при составлении своих уравнений, то они обладают совершенно особыми свойствами. Его уравнения определяют парциальные волновые амплитуды в области  $-4 \leq s \leq 60$  ( $s = m_{\pi\pi}^2/m_\pi^2$ ), включающей нефизическую часть ( $-4 \leq s \leq 4$ ) через величины в физической области ( $4 \leq s \leq \infty$ ). Благодаря этой замечательной особенности уравнений Роя они позволяют восстанавливать часть неизвестных парциальных амплитуд по известным их частям, например, воссоздать амплитуды в низкоэнергетической области, зная их

поведение при высоких энергиях, определить значения длин рассеяния и положение подпороговых нулей, а также попытаться разрешить проблему «up-down».

Мы не будем здесь ни выписывать уравнения Роя, в состав которых входят интегральные уравнения со сложными ядрами, ни описывать процедуру применения их для изучения  $\pi\pi$ -взаимодействия (см. [41]). Заметим лишь, что при использовании общетеоретического метода их рассмотрения получается целый класс решений, для ограничения числа которых приходится накладывать на них определённые условия, известные из эксперимента. К их числу относятся, например, существование в  $P$ -волне  $\rho$ -резонанса или, наоборот, отсутствие резонансов в волнах с изоспином  $I = 2$  при  $m_{\pi\pi} < 1$  ГэВ. Но и в этом случае для  $a_0^0$  и  $a_0^2$  получается не единственное решение, а так называемая универсальная кривая на плоскости  $a_0^0 - a_0^2$ , представляющая собой множество скоррелированных между собой значений  $a_0^0$  и  $a_0^2$ . Использование в качестве исходных данных для уравнений Роя известных экспериментальных значений, получение которых было описано выше, позволило нам в работе 1982 г. [42] сократить пределы универсальной кривой до размеров довольно небольшой области значений  $a_0^0$  и  $a_0^2$ :

$$\begin{aligned} 0,21m_{\pi}^{-1} \leq a_0^0 \leq 0,37m_{\pi}^{-1}, \\ -0,04m_{\pi}^{-1} \leq a_0^2 \leq 0,00m_{\pi}^{-1}. \end{aligned} \quad (20)$$

Этим же методом были найдены и положения подпороговых нулей у  $S$ -волновых амплитуд вблизи от физической области:

$$s^0 = -0,2, \quad s^2 = 2,4. \quad (21)$$

В заключение рассмотрения вопроса об особенностях поведения амплитуд  $\pi\pi$ -рассеяния в низко энергетической области, изученных нами на данном этапе нашей деятельности, приведём значения длин рассеяния  $a_0^0$ ,  $a_0^2$ ,  $a_1^1$ ,  $a_2^0$  и  $a_2^2$ , полученных в результате усреднения данных измерения этих величин разными методами (в единицах  $m_{\pi}^{-1}$ ):

$$\begin{aligned} a_0^0 = (0,24 \pm 0,03), \quad a_0^2 = (-0,04 \pm 0,04), \quad a_1^1 = (0,034 \pm 0,03), \\ a_2^0 = (7,8 \pm 6,0), \quad a_2^2 = (3,8 \pm 1,4). \end{aligned} \quad (22)$$

Позднее, начиная с 1996 г., метод уравнений Роя неоднократно использовался нами [46] для обработки имеющихся на данный момент экспериментальных результатов по фазовым сдвигам для  $\pi\pi$ -рассеяния.

## 8. Популярное описание современной теории элементарных частиц (Стандартная модель)

Прежде чем рассказать о новом этапе исследований реакций  $\pi^{\pm}p \rightarrow \pi\pi N$ , проведённых нашими сотрудниками совместно с зарубежными коллегами на их установке, нам снова придётся обратиться к популярному описанию некоторых теоретических понятий. К сожалению, иначе будет трудно двигаться дальше.

Как известно, физики-теоретики давно (с начала 1960-х годов) пытаются построить теорию, объединяющую слабое, электромагнитное и сильное взаимодействия. И в настоящее время в этом направлении уже многое сделано.

Во-первых, построена перенормируемая теория электрослабого взаимодействия (ТЭСВ), одинаково хорошо объясняющая все электромагнитные и слабые процессы единым механизмом обмена соответствующими квантами во всём диапазоне энергий.

Путь к современному состоянию ТЭСВ был весьма труден и драматичен (по линии развития теории слабого взаимодействия). Началось всё с первой точечной (контактной, т.е. необменной) теории, предложенной в 1934 г. Э. Ферми, который по аналогии с электродинамикой выбрал для неё из пяти лоренц-инвариантных вариантов теории векторный ( $V$ ) вариант, опирающийся на закон сохранения пространственной ( $P$ ) чётности. Теория Ферми хорошо объясняла особенности  $\beta$ -распада ядер и предсказала некоторые новые явления, но в 1957 г. пришла в противоречие с открытым в это время нарушением закона сохранения  $P$ -чётности в слабом взаимодействии элементарных частиц, а значит (в связи с универсальностью слабого взаимодействия), и в  $\beta$ -распаде ядер. В результате теорию  $\beta$ -распада пришлось радикально перестроить, добавив в неё аксиально-векторный вариант  $A$ . Так возник  $(V-A)$ -вариант теории, который сохранил все достижения теории Ферми и позволил предсказать и объяснить новые явления, связанные с упомянутым открытием.

Однако всё это она умела делать только в области низких энергий (в первом порядке теории возмущений), так как оставалась перенормируемой. Кроме того, возникли трудности со слабыми нейтральными токами, описывающими процессы, происходящие без изменения электрического заряда (по теории они должны быть, а обнаружить их никак не удавалось). И осталась старая проблема точечного характера слабого взаимодействия, который очень не нравился теоретикам. Действительно, все остальные взаимодействия протекают в процессе обмена соответствующими квантами: электромагнитное — фотонами, сильное —  $\pi$ -мезонами и даже гравитационное — гипотетическими гравитонами, а в слабом кванта нет, оно — контактное (4 фермиона в одной точке).

И вот все эти трудности были преодолены в ТЭСВ: нейтральные токи обнаружили, перенормируемость доказали, а что касается квантов, то их оказалось даже целых три. Это тяжёлые (80–90 ГэВ) векторные бозоны  $W^+$  и  $W^-$ , отвечающие за слабые заряженные токи, и  $Z^0$  — за нейтральные. Точные значения их масс были предсказаны теоретически. И это блестяще подтвердило правильность ТЭСВ. Так что в настоящее время многие физики-теоретики уверены в существовании, а физики-экспериментаторы уже ищут предсказанные новой теорией пресловутые бозоны Хиггса, ответственные за массы элементарных частиц. К этому остаётся добавить, что для математического описания ТЭСВ используется комбинированная группа  $U(1)SU(2)$ . Итак, это, во-первых.

А во-вторых, взамен старой теории сильного взаимодействия Юкавы с нуклонами, окружёнными облаком виртуальных  $\pi$ -мезонов, играющих роль ядерных квантов, в те же 1960-е годы были заложены основы новой теории сильного взаимодействия — квантовой хромодинамики (КХД). В популярном изложении новая теория сильных взаимодействий выглядит, мягко говоря, не очень убедительно, а скорее, даже полуфантастично. Судите сами.

Согласно КХД, кроме «нормальных» элементарных частиц с барионным числом  $B = 1$  (нуклоны, гипероны, барионные резонансы) и  $B = 0$  (лептоны, мезоны и мезонные резонансы), имеющих целочисленные электрические заряды  $Z = 0, \pm 1$  (и  $0, \pm 1, \pm 2$  у  $\Delta$ -резонанса), существует 6 совер-

шенно необычных частиц — *кварков* ( $u, d, s, c, b, t$ ) с *дробным* барионным числом  $B = 1/3$  и дробными же зарядами  $Z = +2/3$  у  $u$ -,  $c$ - и  $t$ -кварков и  $Z = -1/3$  у  $d$ -,  $s$ - и  $b$ -кварков. Каждому кварку  $q$  соответствует антикварк  $\bar{q}$  с противоположными значениями  $B$  и  $Z$ .

Кварки  $u, d, s$  — лёгкие, остальные тяжёлые. Барионы состоят из трёх кварков, что обеспечивает им  $B = 1$ , мезоны — из кварка и антикварка, что даёт  $B = 0$ . С электрическим зарядом «нормальных» частиц тоже всё в порядке, так как протон  $p$ , например, является трёхкварковой системой  $p = uud$ , нейтрон  $n = udd$ ,  $\pi^{\pm} = u\bar{d}$  и т.п. А теперь самое любопытное.

Кроме электрического заряда  $Z$  кварки обладают ещё одним специфическим зарядом, условно названным *цветом* (color), который является источником квантов сильного взаимодействия — безмассовых частиц *глюонов* (glue — клей), «склеивающих» кварки в адроны. Глюоны тоже цветные, т.е. сами способны испускать новые глюоны. Поэтому взаимодействие между кварками *растёт* с ростом расстояния между ними и они не могут оторваться друг от друга, чтобы вылететь из нуклонного плена (confinement — удержание).

Цветовые заряды («красный», «жёлтый» и «синий») кварков и глюонов, входящих в состав адронов, скомпенсированы между собой и выступают «снаружи» адрона как «белый» «цвет», не способный испускать и поглощать глюоны. Как иногда в шутку говорят: ни кварки, ни глюоны не высовываются из адронов.

В связи с этим ни кварков, ни глюонов в свободном виде пока не обнаружено, хотя в своё время кварки усиленно искали в природе и пытались получить на ускорителях. Существование лёгких кварков  $u, d, s$  было попросту постулировано, исходя из требований экспериментально подтверждённой теории SU(3)-симметрии, а тяжёлых  $c, b, t$  доказано благодаря обнаружению семейств новых частиц — очарованных, в состав которых входит  $c$ -кварк ( $c$  от слова charm), и прелестных, содержащих в своём составе  $b$ -кварк ( $b$  от слова beauty),  $t$ -кварк (из-за очень малого времени жизни) семейств не образует, но его существование в форме короткоживущей  $t\bar{t}$ -пары тоже было экспериментально доказано.

Имеются и другие косвенные доказательства существования кварков и глюонов в связанном состоянии. Более того, физики-экспериментаторы, поверившие теоретикам, надеются в ближайшем будущем обнаружить (с помощью ЦЕРНовского суперколлайдера на энергию  $2 \times 7$  ТэВ) следы кварк-глюонной плазмы, т.е. кварки и глюоны в свободном виде. Кроме того, в современной КХД обсуждается проблема возможного существования адронной материи в промежуточной фазе, которая должна содержать протоны и нейтроны вместе со свободными кварками и глюонами. Обнаружение и исследование этой фазы является одной из задач будущего ускорительного комплекса NICA (Nuclotron based Ion Collider Facility), сооружаемого в ОИЯИ (г. Дубна) на базе действующего сверхпроводящего нуклотрона.

Что касается математического описания КХД, то для него также используется теория групп, но на этот раз так называемая цветовая группа  $SU(3)_c$  ( $c$  — от color), аналогичная группе  $SU(3)$ , успешно применённой для классификации известных мультиплетов элементарных частиц.

Таким образом, обе современные теории (их совокупно иногда называют *Стандартной моделью*) характеризуются единым математическим описанием, которое отличается у них только выбором группы. Как говорят теоретики, обе теории имеют общую калибровочную природу. Приблизительно она заключается в том, что уравнения квантовой теории поля, описывающие преобразование частиц и полей, в обоих случаях обладают определённой симметрией, т.е. не изменяют своего вида при их использовании. В случае КХД это приближённая (т.е. частично нарушенная) киральная симметрия, которая переставляет (перемешивает) состояния не только с разными электрическими зарядами (как это делает изотопическая инвариантность), но и с разными внутренними чётностями. Заметим, что существование приближённой киральной симметрии КХД в нашем случае рассмотрения реакций типа  $\pi^\pm p \rightarrow \pi N$  вполне уместно, поскольку нуклоны имеют положительную внутреннюю чётность, а  $\pi$ -мезоны — отрицательную. При этом оказалось, что для определения точных значений длин  $\pi N$ -рассеяния важно знать, насколько нарушена киральная симметрия. Подробнее мы рассмотрим этот вопрос в разд. 9 и 10.



А в заключение затянувшейся популяризации теории отметим (с некоторой долей самоудовлетворения), что пока кварки и глюоны ещё «не высунулись», для рядовых экспериментаторов по-прежнему остаются старые понятные мезоны, с которыми трудно, но можно (и нужно) работать. Это соображение до некоторой степени оправдывает нашу многолетнюю деятельность по данному направлению.

### **9. Изучение реакции $\pi^\pm p \rightarrow \pi\pi N$ при помощи спектрометра CHAOS на мезонной фабрике TRIUMF в Канаде**

Проведённые выше расчёты показали, что метод определения длин рассеяния с помощью дисперсионных соотношений (например, уравнений Роя) чрезвычайно чувствителен к экспериментальным данным вблизи порога образования дипиона (когда  $m_{\pi\pi} \sim 2m_\pi$ ). Особый интерес к околопороговой области энергии связан с тем, что в киральном пределе (т.е. в случае существования точной, не нарушенной киральной симметрии) длины  $\pi\pi$ -рассеяния равны нулю, в связи с чем их точные экспериментальные значения дают информацию о степени нарушения киральной инвариантности и в конечном итоге позволяют сделать выбор между существующими теоретическими сценариями этого нарушения. Вместе с тем статистически достоверные данные о характеристиках  $\pi\pi$ -рассеяния вблизи порога в рассматриваемый период времени (середина 1990-х годов) практически отсутствовали.

Восстановить этот пробел в изучении  $\pi\pi$ -взаимодействия удалось Международной коллаборации (с участием сотрудников нашей лаборатории), работавшей на спектрометре CHAOS (Canadian High Acceptance Orbit Spectrometer) на мезонной фабрике TRIUMF в Канаде [47–49].

Общий вид установки CHAOS изображен на рис. 9. Она состоит из дипольного магнита с полем 0,5 Тл, четырех концентрических цилиндрических проволочных камер (двух пропорциональных и двух дрейфовых) и набора пластиковых сцинтилляторов с черенковскими счётчиками из свинцового стекла. В центр магнита через специальное отверстие вставлялась жидководородная мишень ( $\varnothing 25,5$  мм,

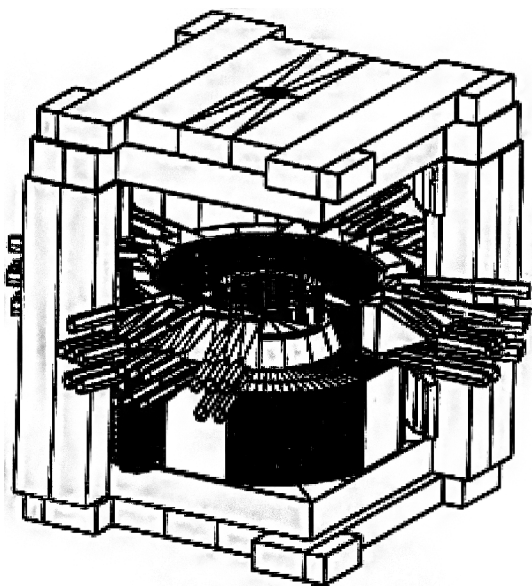
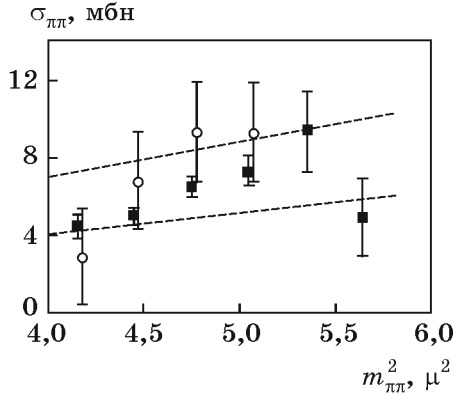


Рис. 9. Общий вид установки CHAOS

$l = 50$  мм,  $T = 18$  К). Телесный угол спектрометра в горизонтальной плоскости составляет  $32,4^\circ$ , в вертикальной  $\pm 7^\circ$ .

В эксперименте были использованы пучки  $\pi^+$ -мезонов с энергиями 223, 243, 264 и 284 МэВ при разрешении  $\Delta p/p = 0,01 - 0,05$ . Сравнительно низкая энергия  $\pi^+$ -мезонов позволила получить параметры  $\pi\pi$ -рассеяния непосредственно в околопороговой области. Для каждой энергии  $\pi^+$ -мезонов было набрано по 10.000  $\pi^+\pi^-$  и  $\pi^+\pi^+$ -событий, которые распределялись в трёхмерной сетке  $10 \times 10 \times 10$  по переменным  $m_{\pi\pi}^2$ ,  $t'$  и  $\cos \theta$ . Общая нормировка реакций проводилась сравнением измеренных значений сечений упругого  $\pi\pi$ -рассеяния с известными данными.

Обработка полученных результатов проводилась описанным выше методом экстраполяции. Важной особенностью обработки результатов настоящего эксперимента явилась возможность одновременного использования данных, полученных для различных энергий падающих  $\pi$ -мезонов, что позволило осуществить дополнительный контроль правильности проводимой процедуры экстраполяции, поскольку значение получаемого  $\sigma_{\pi\pi}(m_{\pi\pi})$  не должно зависеть от пол-



**Рис. 10.** Значения сечений пион-пионного рассеяния вблизи порога. Квадратики — результат экстраполяции данных реакции  $\pi^-p \rightarrow \pi^- \pi^+ n$ , полученных на установке CHAOS; кружочки — данные фотоэмульсионной работы [44]. Область между штриховыми линиями — предсказания расчетов методом уравнений Роя

ной энергии процесса  $\pi r \rightarrow \pi l N$ , т.е. от энергии налетающего  $\pi$ -мезона.

Полученные значения  $\sigma_{\pi\pi}(m_{\pi\pi})$  вблизи порога [48] (в сравнении с данными из упомянутой ранее фотоэмульсионной работы [44] и расчётов с помощью уравнений Роя) показаны на рис. 10. Из рисунка видно, что значения сечений, полученные непосредственно из околопороговых экспериментов, хорошо согласуются с результатами расчётов, сделанных с использованием данных по реакциям  $\pi r \rightarrow \pi l N$  с большим импульсом налетающего  $\pi$ -мезона. Этот факт свидетельствует о том, что экстраполяционная методика Чу–Лоу самосогласованна, т.е. действует одинаковым образом как в случае малых, так и больших импульсов пионов, вызывающих реакцию.

Сечение  $\pi\pi$ -рассеяния вблизи порога и его экстраполяционное значение непосредственно на пороге, где оно определяется в основном  $S^0$ -волной (вклад  $S^2$ -волны для  $\pi^- \pi^+$ -канала мал), позволили определить длину рассеяния  $a_0^0$  [49]:

$$a_0^0 = (0,204 \pm 0,014_{\text{стат}} \pm 0,008_{\text{стат}}) m_{\pi}^{-1} \quad (23)$$

с точностью 7,9 %.

Для контроля правильности этого результата величина была оценена ещё несколькими другими способами, кото-

рые дали для неё следующие значения (в  $m_\pi^{-1}$ ):

$$a_0^0 = 0,229 \pm 0,008 \text{ (3 \%)} \quad (24)$$

(из сравнения с  $a_1^1$ ),

$$a_0^0 = 0,214 \pm 0,011 \text{ (5 \%)} \quad (25)$$

(из предварительно найденного значения фазы  $\delta_0^0$ ),

$$a_0^0 = 0,223 \pm \begin{matrix} 0,027 \\ 0,023 \end{matrix} \text{ (12,1 \%)} \quad (26)$$

(из подстановки в уравнение Роя),

$$a_0^0 = 0,21 \pm 0,02 \text{ (9,5 \%)} \quad (27)$$

(из сравнения экспериментального околопорогового сечения  $\pi\pi$ -рассеяния с рассчитанным по методу, предложенному нами в [46]).

Все приведённые выше значения совпадают в пределах ошибок со значением (23). Поэтому для получения правильного и статистически обеспеченного значения всех наших результатов по исследованию реакций  $\pi^\pm p \rightarrow \pi\pi N$  пятью разными способами (23)–(27) их следует усреднить (со статвесом, обратно пропорциональным погрешности соответствующего значения  $a_0^0$ ). В результате получается следующее усреднённое значение  $(\bar{a}_0^0)_{\pi\pi N}$ , полученное из наших данных по исследованию реакций  $\pi^\pm p \rightarrow \pi\pi N$ :

$$(\bar{a}_0^0)_{\pi\pi N} = 0,219 \pm 0,008 \text{ (3,6 \%)} \quad (28)$$

Заметим, что описанное усреднение проведено лишь в процессе написания настоящей статьи, хотя, строго говоря, его надо было сделать значительно раньше. Поэтому в наших последних работах [52] и [53] 2000 г. и даже в работе [2] 2002 г. мы считали своим наилучшим результатом для  $a_0^0$  значение (23).

В разд. 2 было упомянуто, что в нашей работе по исследованию реакций  $\pi^\pm p \rightarrow \pi\pi N$ , кроме четырёх каналов с заряженными пионами в конечном состоянии, предполага-

лось также изучить пятый канал с тремя нейтральными частицами ( $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$ ), чего, к сожалению, не удалось сделать, так как по техническим причинам в 1983 г. работу пришлось прекратить. Между тем, за рубежом исследование этого канала реакции продолжалось и в 1991 г. было доведено до получения результата по значению  $a_0^0$ :

$$a_0^0 = (0,207 \pm 0,028)m_\pi^{-1} (\pm 13,5 \%). \quad (29)$$

Оно практически совпадает с (23) и близко к нашему усреднённому значению (28), что дополнительно подтверждает надёжность последнего.

### 10. Значение исследования $\pi\pi$ -рассеяния для развития современной КХД и новые эксперименты

В предыдущем разделе мы рассказали о том, что использование нами новой методики позволило получить более точные сведения о значениях сечений, фаз и длин рассеяния  $\pi\pi$ -взаимодействия. Эта тенденция повышения точности получаемых результатов сохранилась и после завершения нашей работы по физике  $\pi$ -мезонов. Необходимость повышения точности экспериментальных данных по этому направлению исследований обусловлена успехами, достигнутыми в квантовой теории поля [51] и, в частности (в конце 1990-х годов), в киральной теории возмущений (КТВ), которая позволяет вычислять характеристики низкоэнергетических процессов с участием  $\pi$ -мезонов. Структура КТВ построена по принципу спонтанного нарушения киральной симметрии, сценарий развития которого зависит от предположения о значениях, заложенных в теорию важнейших параметров КХД (массы лёгких кварков и величины кваркового конденсата<sup>10</sup>). Предположение о значительной вели-

<sup>10</sup> Понятие кваркового (точнее, кварк-глюонного) конденсата было введено в одной из КХД-моделей (так называемой «модели мешков»). Согласно этой модели КХД-вакуум (низшее энергетическое состояние) — это не «пустое пространство», а некая среда, состоящая из флуктуирующих с большой амплитудой полей. Кварки и глюоны в свободном виде в вакууме существовать не могут, и единственной возможной формой их существования является конденсат глюонных и кварковых полей.

чине ( $\sim 1$  ГэВ) кваркового конденсата приводит к так называемой стандартной КТВ — СКТВ, а очень малой — к обобщённой КТВ — ОКТВ.

СКТВ и ОКТВ предсказывали разные ( $0,20m_\pi^{-1}$  и  $0,27m_\pi^{-1}$  соответственно) значения длины  $\pi\pi$ -рассеяния  $a_0^0$ . Поэтому экспериментальное подтверждение одного из них позволяло выбрать вариант теории и, следовательно, сделать заключение о значениях упомянутых выше важных параметрах КХД.

Предсказываемые СКТВ и ОКТВ значения  $a_0^0$  различны, но всё-таки не на столько сильно, чтобы сделать окончательный выбор между ними при существовавших в то время данных об экспериментальных значениях  $a_0^0$ . Это тем более справедливо, что точность некоторых из них, как показал наш анализ [52], сильно завышена. Кроме того, наиболее точное значение (28), полученное нами в результате усреднения всех наших данных, хотя и близко к теоретическому предсказанию СКТВ (особенно «международное» значение (23), найденное с помощью спектрометра СНАОС), не учитывает, как мы уже говорили, возможной погрешности от фоновых процессов. Словом, полученные в то время достаточно точные данные о значении  $a_0^0$  требовали ещё большего уточнения. Для повышения точности экспериментальных результатов в настоящее время можно использовать несколько методов.

Во-первых, следует продолжать совместную обработку многочисленных данных исследования реакций типа  $p\pi \rightarrow \pi N$  (включая реакции  $\pi^-p \rightarrow \pi^0 p$  и другие особо важные результаты, полученные вблизи от порога, а также результаты поляризационных экспериментов) с применением уравнений Роя. В этом направлении в 2000 г. в работе [53] сотрудниками нашей лаборатории была создана и использована база данных по фазам  $\pi\pi$ -рассеяния, полученных из анализов пяти зарядовых каналов реакции  $p\pi \rightarrow \pi N$  в энергетической области значений дипионной массы  $m_{\pi\pi}$ , простирающейся от порога до 1 ГэВ. В подобном анализе впервые использовались экспериментальные данные по обеим  $S$ -волновым фазам вблизи порога, которые определённым образом влияют на точность решений уравнений Роя.

На рис. 11 представлена совокупность экспериментальных данных по  $S$ - и  $P$ -волновым фазам  $\pi\pi$ -рассеяния. Из

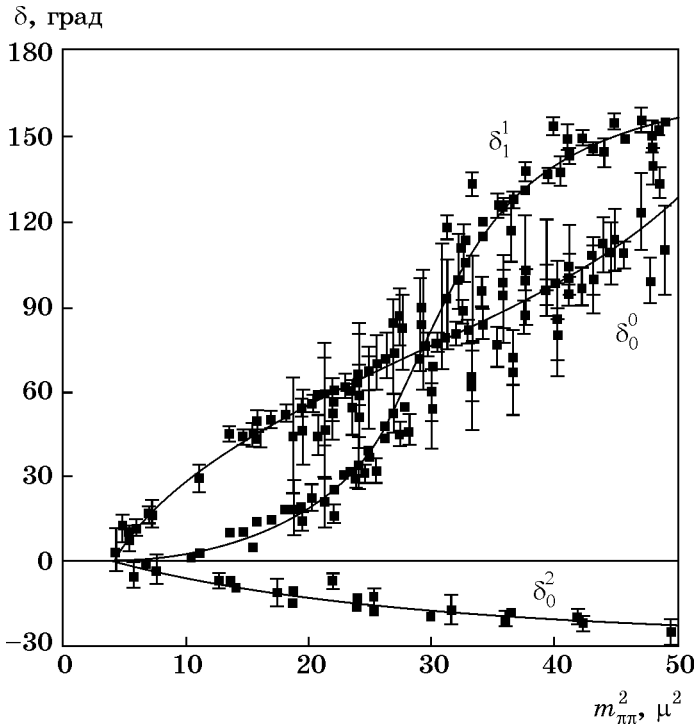


Рис. 11. Совокупность экспериментальных значений  $S$ - и  $P$ -волновых фаз  $\pi\pi$ -рассеяния и их аппроксимация

рисунка видно (при сравнении его с рис. 8), что в районе двузначности  $\delta_0^0$ -фазы ( $90-130^\circ$ ) она идёт по нижнему руслу области up-down, а верхнее русло просто является частью  $\delta_1^1$ -фазы. Пожалуй, этот результат можно считать решением up-down проблемы.

Гладкие кривые, аппроксимирующие экспериментальные данные по  $S$ - и  $P$ -волновым фазам  $\pi\pi$ -рассеяния, вводились как исходные в уравнения Роя для нахождения решений при каждом наборе значений фаз. Значения реальных частей парциальных амплитуд выбирались в каждой точке, где имелись экспериментальные данные по фазам. Было показано, что применяемая процедура является самоогласованной. На основании полученных зависимостей были определены значения  $S$ -волновых и  $P$ -волновой длин рассеяния, для которых парциальные амплитуды удовлетворяют принципам унитарности, аналитичности и крос-

синг-симметрии, а также согласуются с имеющимися экспериментальными значениями фаз по критерию  $\chi^2$ :

$$\begin{aligned} a_0^0 &= (0,240 \pm 0,023)m_\pi^{-1}, \\ a_0^2 &= (-0,034 \pm 0,013)m_\pi^{-1}, \\ a_1^1 &= (0,207 \pm 0,028)m_\pi^{-1}. \end{aligned} \quad (30)$$

Работы по исследованию реакций типа  $\pi^\pm p \rightarrow \pi\pi N$  позволили более точно провести фазовые кривые от порога до значения дипионной массы  $\sim 1,2$  ГэВ и сузить границы возможных значений длин рассеяния. К моменту окончания нашей деятельности (2000 г.) наилучшим значением  $a_0^0$ , полученным методом исследования реакций  $\pi^\pm p \rightarrow \pi\pi N$  являлся именно наш усредненный<sup>11</sup> результат (28):

$$\left(\bar{a}_0^0\right)_{\pi\pi N} = 0,219 \pm 0,008 \text{ (3,6 \%)}.$$

Новых данных по исследованию реакций  $\pi^\pm p \rightarrow \pi\pi N$ , уточняющих значение  $a_0^0$ , мы на сегодня (2010 г.), к сожалению, не обнаружили. Но зато нам удалось найти современные результаты определения  $a_0^0$  тремя другими, отличными от нашего, экспериментальными методами.

Одним из этих методов является продолжение экспериментального исследования  $K_{e4}$ -распада, начатое в Брукхейвене ещё в конце 1970-х годов. Этот распад ( $K^+ \rightarrow \pi^+\pi^-e^+\nu_e$ ) является одним из наиболее надёжных источников информации о низкоэнергетическом  $\pi\pi$ -взаимодействии. Изучение  $K_{e4}$ -распада позволяет при минимальных модельных предположениях получать сведения о разности фаз ( $\delta_0^0 - \delta_1^1$ ) вблизи порога.

К сожалению,  $K_{e4}$ -распад относится к очень редким модам распада, его вероятность составляет  $3,4 \cdot 10^{-5}$ , что сильно затрудняет набор статистики. Тем не менее, в первом Брукхейвенском эксперименте к 1977 г. была набрана, казалось бы, внушительная статистика в 30.000 событий.

<sup>11</sup> Значение  $a_0^0$  из (30) в процедуре усреднения не учитывалось. Однако проверка показала, что учёт этого значения только приближает  $\left(\bar{a}_0^0\right)_{\pi\pi N}$  к средне-мировому значению  $\left(\bar{a}_0^0\right)_{\text{экср}} = 0,220m_\pi^{-1}$  (см. ниже).



Однако она позволила получить значение  $a_0^0$  лишь с 18% точностью ( $a_0^0 = (0,28 \pm 0,05)m_\pi^{-1}$ ).

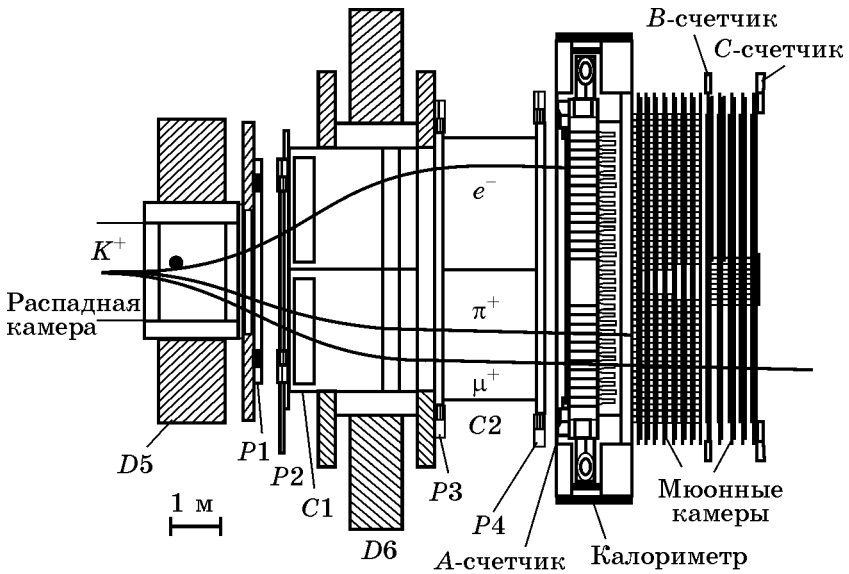
В 1998 г. было опубликовано подробное описание второго Брукхейвенского эксперимента (E-865) по исследованию  $K_{e4}$ -распада [54]. Проект этого эксперимента представлен на рис. 12. Опыт был поставлен на каонном пучке с импульсом 6 ГэВ/с. К 2001 г. удалось отобрать и проанализировать около 400.000 событий [55], что позволило получить для  $a_0^0$  значение

$$a_0^0 = (0,216 \pm 0,013_{\text{стат}} \pm 0,004_{\text{сист}} \pm 0,002_{\text{теор}})m_\pi^{-1}. \quad (31)$$

Это значение было уточнено в 2008 г., когда для  $(a_0^0)_{K_{e4}}$  было получено (в  $m_\pi^{-1}$ ):

$$a_0^0 = 0,233 \pm 7,5 \ \% .$$

Второй экспериментальный метод определения  $a_0^0$ , радикально отличающийся не только от нашего, но и от описан-



**Рис. 12.** Проект эксперимента по изучению  $K_{e4}$ -распада: D5 — раздельный магнит, P1–P4 — пропорциональные проволочные камеры, D6 — магнит для определения импульса частиц, C1, C2 — черенковские детекторы, А-счетчик — триггерный годоскоп, В- и С-счетчики — мюонные годоскопы

ного выше  $K_{e4}$ -метода, называется DIRAC-эксперимент, который проводится в ЦЕРН, начиная с 1994 г. [56]. В этом эксперименте изучаются свойства экзотического нестабильного водородоподобного  $\pi^+\pi^-$ -атома — пиония. Теория эксперимента позволяет связать отношение вероятностей распада пиония по каналам  $2\pi^0$  и  $2\gamma$  с квадратом разности длин рассеяния  $(a_0^0 - a_0^2)^2$ . Предварительные результаты, подтверждающие правильность идеи метода, были получены в 1993 г. на Серпуховском ускорителе [57].

Схема эксперимента DIRAC (Dimension Relativistic Atom Complex) показана на рис. 13. В работе используются протонный пучок ускорителя PS с импульсом 24 ГэВ/с и несколько различных мишеней, среди которых наиболее оптимальной считается танталовая. Предполагается, что разрешающая способность аппаратуры для регистрации пионов будет около 1 МэВ/с, что позволит с большой статистикой увидеть избыток атомных пионных пар вблизи нулевого относительного импульса в нескольких интервалах его изменения. Авторы проекта (физики ОИЯИ и ряда других институтов) рассчитывали через несколько лет получить около 20.000 атомных пар от распада пиония с относительным импульсом пионов меньше 3 МэВ/с и углом раскрытия меньше 3 мрад.

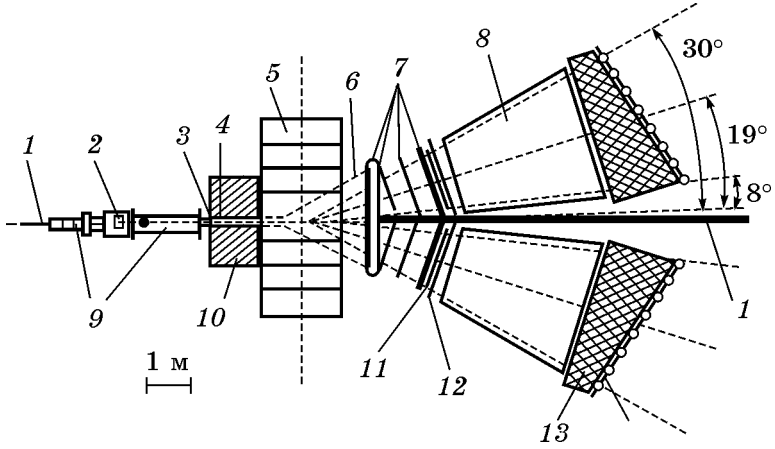
В 2005 г. была опубликована работа [58], в которой приведено числовое значение  $(a_0^0 - a_0^2)_{\pi^+\pi^-}$ , полученное в 2001 г.:

$$(a_0^0 - a_0^2)_{\pi^+\pi^-} = 0,264 \pm \begin{matrix} 0,033 & (12,5\%) \\ 0,020 & (7,6\%) \end{matrix} \quad (32)$$

Само значение (0,264) сохранилось без изменения до 2005 г., однако погрешность результата (32) силами сотрудников коллаборации DIRAC постепенно снижалась и к 2005 г. была равна  $\sim 7\%$ .

Заметим, что в том же 2001 г., когда был получен результат (32), физики-теоретики зафиксировали теоретические значения  $(a_0^0)_{\text{теор}}$  и  $(a_0^2)_{\text{теор}}$  [59], которые были подтверждены в 2007 г. в работах [60] и [61] (автором работы [61] является один из авторов работы [59]) и даже в 2009 г. в [62]:

$$\begin{aligned} (a_0^0)_{\text{теор}} &= 0,220 \pm 0,05 \quad (2,3\%), \\ (a_0^2)_{\text{теор}} &= 0,0444 \pm 0,0010 \quad (2,3\%). \end{aligned} \quad (33)$$



**Рис. 13.** Схема эксперимента DIRAC: 1 — протонный пучок, 2 — фольгированные мишени, 3 — сцинтилляционные волоконные координатные детекторы, 4 — координатор, 5 — магнит спектрометра, 6 — вакуумная камера, 7 — дрейфовые камеры, 8 — черенковские счетчики, 9 — вакуумная трубка, 10 — радиационная защита, 11 — вертикальные годоскопы, 12 — горизонтальные годоскопы, 13 — чугунные поглотители, 14 — мюонные сцинтилляционные счетчики

Значение  $(a_0^2)_{\text{теор}}$  в пределах ошибок совпадает с нашим грубо-оценочным экспериментальным значением  $a_0^2$  (30). Поэтому мы воспользовались  $(a_0^2)_{\text{теор}}$  для извлечения из (32) «почти» экспериментального значения  $(a_0^0)_{\pi^+\pi^-}$ :

$$(a_0^0)_{\pi^+\pi^-} = (a_0^0 - a_0^2)_{\pi^+\pi^-} - (a_0^2)_{\text{теор}} = 0,220 \pm 5 \%. \quad (34)$$

Ещё один экспериментальный метод, отличный от всех описанных выше, использует коллаборация NA48/2, в работе которой, опубликованной в 2006 г. [63], было проанализировано  $2,3 \cdot 10^7$  случаев распада  $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^0 \pi^0$  и изучена особенность структуры распределения  $m_{\pi^0 \pi^0}$  (Cusp-effect). Эта методика, как и DIRAC-метод, позволяет получать величину  $(a_0^0 - a_0^2)$ , для которой в работе [63] было приведено значение

$$(a_0^0 - a_0^2) = (0,268 \pm 0,010_{\text{стат}} \pm 0,004_{\text{сист}} \pm 0,013_{\text{теор}}) m_\pi^{-1} (5 \%) \quad (35)$$

Поступив аналогичным способом (как при получении (34)),

имеем

$$(a_0^0)_{\pi^0\pi^0} = (0,224 \pm 10,5 \%) m_\pi^{-1}. \quad (36)$$

В 2009 г. в работе [62] с использованием [64] все эти результаты, кроме нашего, были дополнительно уточнены:

1. Коллаборация DIRAC привела новое числовое значение  $(a_0^0 - a_0^2)_{\text{эксп}} = 0,268 \pm 5,5 \%$ , из которого с помощью  $(a_0^2)_{\text{теор}}$  можно оценить новое значение  $(a_0^0)_{\pi^+\pi^-}$ :

$$(a_0^0)_{\pi^+\pi^-} = 0,223 m_\pi^{-1} \pm 6 \%.$$

2. NA48/2 сообщила новые данные по  $K_{e4}$ -распаду:

$$(a_0^0)_{K_{e4}} = (0,2206 \pm 3,7 \%) m_\pi^{-1}.$$

3. В  $K \rightarrow 3\pi$ -распаде получено значение  $(a_0^0 - a_0^2) = (0,263 \pm 2,2 \%) m_\pi^{-1}$ , из которого с использованием  $(a_0^2)_{\text{теор}}$  для  $a_0^0$  получается

$$(a_0^0)_{K \rightarrow 3\pi} = (0,219 \pm 3 \%) m_\pi^{-1}.$$

4. Сюда же приведём наши усредненные данные по исследованию реакций вида  $\pi^\pm p \rightarrow \pi\pi N$ , которые не изменялись (насколько нам известно) с тех пор:

$$(a_0^0)_{\pi\pi N} = (0,219 \pm 3,6 \%) m_\pi^{-1}.$$

Любопытно, что среднее значение всех экспериментальных результатов по  $a_0^0 = (0,220 \pm 2 \%) m_\pi^{-1}$  совпадает с современным её теоретическим значением:  $(a_0^0)_{\text{теор}} = (0,220 \pm 2,3 \%) m_\pi^{-1}$ . Наше — чуть (на 0,001, т.е. на 0,5 %) ниже.

Кстати, это совпадение нашего старого результата по  $a_0^0$  с современными экспериментальными результатами, полученными совершенно другими методами, а также с современным теоретическим значением означает, что применённая нами методика Чу–Лоу даёт правильное описание процесса  $\pi\pi$ -рассеяния. Таким образом, можно считать, что неоднократно высказанные опасения по поводу строгой справедливости положенного в основу этой методики предположения о доминантности ОПО-процесса в механизме протекания реакций  $\pi^\pm p \rightarrow \pi\pi N$  не основательны. По-видимому, вклад в этот механизм обменного процесса с участием других частиц (не пионов), который теория не может оценить, на самом деле пренебрежимо мал.

## Заключение

В настоящей статье рассказано о многолетней (1950–2000 гг.) работе группы сотрудников Курчатовского института по физике  $\pi$ -мезонов (пионов), в которой изучались свойства самих  $\pi$ -мезонов, особенности их рождения и взаимодействия с протонами, атомными ядрами и между собой.

В начале статьи описаны первые работы сотрудников 12-го сектора в конце 1940-х–начале 1950-х годов под руководством и при личном участии начальника этого сектора И.И. Гуревича. В них фотоэмульсионным методом был получен ряд важных методических и физических результатов, в том числе наиболее близкое к современному значение массы  $\pi$ -мезона. В эти же годы на протонном и нейтронном пучках фазотрона ОИЯИ группой И.И. Гуревича были исследованы особенности рождения заряженных  $\pi$ -мезонов на ядрах фотоэмульсии.

Последующие работы по физике  $\pi$ -мезонов (начиная с 1956 г.) проводились коллективом сотрудников пионной группы (позже лаборатории), организованной одним из учеников И.И. Гуревича — автором настоящей статьи.

Первой большой серией работ, проведённых пионной группой в конце 1950-х–начале 1960-х годов стало создание новой методики — пузырьковых камер с импульсным магнитным полем с целью использования их на пучках ускорителей для исследований по физике элементарных частиц. Пропановая пузырьковая камера облучалась на  $\pi^-$ ,  $\pi^+$ ,  $K^+$ -мезонных и протонном пучках синхрофазотрона ОИЯИ, а ксеноновая на  $\pi^-$ -мезонном пучке ускорителя ИТЭФ. По результатам этих работ аспиранты автора Р.С. Шляпников и В.К. Макарьин защитили кандидатские диссертации.

В начале 1970-х годов пионная группа приступила к исследованию методом водородной пузырьковой камеры ИТЭФ четырёх каналов реакции  $\pi^+p \rightarrow \pi\pi N$  и двух каналов упругого  $\pi^+p$ -рассеяния. В результате работы были получены сечения четырёх реакций и угловые распределения рождённых в них  $\pi$ -мезонов. Анализ этих данных позволил идентифицировать несколько дипионных резонансов ( $\rho$ ,  $f$ ,  $g$  в разных зарядовых состояниях) и определить их параметры ( $\sigma$ ,  $m_{\pi\pi}$ ,  $\Gamma$ ).

В процессе дальнейшего изучения четырех каналов реакции  $\pi^\pm p \rightarrow \pi\pi N$ , проводившегося в 1980-е годы, была построена расчётно-теоретическая схема извлечения из них

сведений о  $\pi\pi$ -взаимодействии, которые были использованы для проведения фазового анализа  $\pi\pi$ -рассеяния. В результате фазового анализа были получены значения пяти фаз  $\pi\pi$ -рассеяния ( $\delta_0^0, \delta_0^2, \delta_1^1, \delta_2^0$  и  $\delta_2^2$ ) в упругой области, точные значения сечения  $\pi\pi$ -рассеяния вблизи порога образования дипиона и пять длин  $\pi\pi$ -рассеяния ( $a_0^0, a_0^2, a_1^1, a_2^0$  и  $a_2^2$ ). Особое значение этих результатов заключается в том, что все они впервые были получены единой методикой в пределах одной лаборатории и оказались взаимно согласованными. По результатам этих исследований аспирантами автора А.А. Картамышевым и О.О. Патаракиным также были защищены кандидатские диссертации.

Полученные в предыдущей деятельности данные, дополненные несколькими зарубежными результатами, были использованы сотрудниками лаборатории для создания базы мировых данных по фазам  $\pi\pi$ -рассеяния в области дипионных масс от порога до 1 ГэВ. Анализ этих данных, проведённый с применением дисперсионных соотношений, позволил выделить определённую область  $S$ -волновых длин рассеяния, в которой решения уравнений для парциальных  $\pi\pi$ -амплитуд адекватны экспериментальным данным и отвечают требованиям унитарности, аналитичности и кросс-синг-инвариантности.

Существенный прогресс был достигнут в определении очень важного для теории значения  $S$ -волновой длины рассеяния  $a_0^0$ . Полученное в нашей лаборатории значение  $a_0^0 = 0,219m_\pi^{-1} \pm 3,6\%$  указывает, на предпочтительность одного из вариантов киральной теории возмущений и, следовательно, правильности заложенных в его основу важнейших параметров КХД.

В последних разделах статьи автор старался показать, какой стала пионная физика сегодня. Вместо счёта зёрен в ядерной фотоэмульсии зарубежные физики (с участием в конце 1990-х годов сотрудников нашей лаборатории) списывают показания с десятков тысяч чувствительных каналов громадных экспериментальных установок. Кроме того, (но это уже без нашего участия) изучают свойства нестабильного пионного  $\pi^+\pi^-$ -атома — пиония<sup>12</sup>; получают в свое

<sup>12</sup> В 2009 г. DIRAC-группа опубликовала работу [66] о наблюдении  $\pi^\pm K^\pm$ -атома.

распоряжение громадную статистику в миллионы событий процесса  $K_{e4}$ -распада, вероятность которого равна всего лишь  $3,4 \cdot 10^{-5}$  и еще бóльшую — десятки миллионов событий ( $K-3\pi$ )-распада. И хотя всё это делается без нас, мы не без удовольствия можем отметить, что все доложенные на Международной конференции 2009 г. значения  $a_0^0$ , полученные в последних экспериментах: 0,223; 0,2206; 0,219 (в единицах  $m_\pi^{-1}$ ), практически не отличаются от нашего —  $a_0^0 = 0,219m_\pi^{-1}$ , полученного более 10 лет тому назад (в 1997–2000 гг.) и к тому же совершенно другим (так сказать, четвёртым) методом.

Заметим также, что среднее значение  $a_0^0$  для всех четырёх экспериментальных результатов трогательно совпадает с современным её теоретическим значением:

$$\bar{a}_{0\text{эксп}}^0 = (0,220 \pm 2 \%) m_\pi^{-1},$$

$$a_{0\text{теор}}^0 = (0,220 \pm 2,3 \%) m_\pi^{-1},$$

а наш отличается от них всего на 0,001 (примерно на 0,5%).

Что касается деятельности лаборатории пионных взаимодействий, то она практически закончилась в 2000 г. последним обзором [52] и статьёй [53]. В 2001 г. О.О. Патаракин, который с 1988 г. руководил лабораторией и стал фактическим лидером последних работ, защитил на их базе (и некоторых других близких по теме работах) докторскую диссертацию [65], после чего перешёл на другую работу, передав лабораторию В.Н. Тихонову. А первый завлаб полностью переключился на единственно доступную ему в настоящее время деятельность близкую к физике: статьи и книги по истории общей и ядерной физики (включая собственные исследования), научная популяризация, воспоминания о встречах с крупнейшими физиками, переработка учебника.

Но всё-таки самую последнюю точку в своей пионной деятельности мы — три завлаба (в настоящее время все — бывшие) поставили в 2002 г., когда в статье [2] вспомнили о её начале. А самую, самую последнюю точку первый завлаб ставит настоящей статьёй.

В заключение хочу ещё раз поблагодарить всех участников нашей многолетней работы по физике  $\pi$ -мезонов. К со-

жалению, нас осталось совсем немного, но пока мы ещё здесь, всегда будем помнить об ушедших.

При написании этой статьи мне помогали О.К. и П.А. Алексеевы, которым я выражаю самую искреннюю признательность за ценные советы.

## Литература

1. Мухин К.Н. Штрихи к портретам физиков // Исследования по истории физики и механики. 2009–2010. — М.: Физматлит, 2010. 480 с. С. 136–213.
2. Мухин К.Н., Патаракин О.О., Тихонов В.Н. Пион, пион-пионное и пион-ядерное взаимодействие // Ядерная физика. 2002. Т. 65, № 7. С. 1189–1205.
3. Мухин К.Н., Сустанов А.Ф., Тихонов В.Н. Российская физика нобелевского уровня. 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Физматлит, 2011. 240 с.
4. Герасимова Р.И., Гуревич И.И., Мухин К.Н. Отчёт ИАЭ № 440А. 1951.
5. Гуревич И.И., Мухин К.Н., Самойлович Д.М. Отчёт ИАЭ № 435А. 1950.
6. Алперс В.В., Гуревич И.И., Мухин К.Н. Отчёт ИАЭ № 518А. 1951.
7. Алперс В.В., Барков Л.М., Герасимова Р.И., Гуревич И.И., Мухин К.Н., Никольский Б.А., Топоркова Э.П. Рождение медленных  $\pi$ -мезонов на ядрах фотоэмульсии под действием протонов с энергией 460 МэВ и нейтронов с эффективной энергией 400 МэВ // ЖЭТФ. 1956. Т. 30. Вып. 6. С. 1025–1033.
8. Алперс В.В., Барков Л.М., Герасимова Р.И., Гуревич И.И., Мишакова А.П., Мухин К.Н., Никольский Б.А. Рождение медленных  $\pi$ -мезонов на ядрах эмульсии под действием протонов с энергией 660 МэВ // ЖЭТФ. 1956. Т. 30. Вып. 6. С. 1634–1639.
9. Алперс В.В., Варфоломеев А.А. Эмульсионная камера // ПТЭ. 1956. № 1, С. 1–?
10. Mukhin K.N., Shlyapnikov R.S., Barkov L.M. A bubble chamber in a pulsed magnetic field / Proceeding of the International Conference of High Energy Acceleration and Instruments CERN Geneva. 1959. P. 514–519.
11. Макарьин В.К., Мартемьянов В.В., Мухин К.Н., Шляпников Р.С. Пузырьковые камеры с импульсным магнитным полем 35–70 кЭ / XII Международная конференция по физике высоких энергий. Дубна. 1964. — М.: Атомиздат, 1966. Т. 2. С. 469–472.
12. Макарьин В.К. Импульсный магнит для пузырьковой камеры // ПТЭ. 1970. Т. 1. С. 201–?
13. Барков Л.М., Мухин К.Н., Сустин В.А., Шляпников Р.С. Полуавтоматическая установка для обработки стереофотографий, полученных на пузырьковых камерах // ПТЭ. 1963. №6. С. 48–52.



14. Барков Л.М., Мухин К.Н., Огурцов В.В., Романцева А.С., Светлолобов И.М., Чуева С.А., Шляпников Р.С. К вопросу о  $\Delta$ -мезоне // ЖЭТФ. 1962. Т. 43. Вып. 7. С. 335–337.
15. Кручинин С.П., Мухин К.Н., Романцева А.С., Светлолобов И.М., Чуева С.А., Шляпников Р.С. Упругое  $\pi$ -рассеяние при 1,45 ГэВ // Ядерная физика. 1965. Т. 1. Вып. 2. С. 317–323.
16. Кручинин С.П., Мухин К.Н. Упругое  $\pi^+$ -рассеяние при энергии  $\pi^+$ -мезонов 2,06 ГэВ / Сборник статей МИФИ «Элементарные частицы и космические лучи». — М.: Атомиздат, 1967. С. 33–39.
17. Макарьин В.К. 10-литровая пузырьковая камера с импульсным магнитным полем 70 кГс / Препринт ИАЭ-2485. — М.: 1975.
18. Баранов В.И., Буклей А.Е., Макарьин В.К. и др.  $\pi$ -мезонный канал на ускорителе ИТЭФ для ксеноновой камеры ИАЭ / Препринт ИАЭ-3211. — М.: 1979.
19. Мартельянов В.П., Огурцов В.В. и др. Установка СИМП для экспериментов на 7 ГэВ протонном ускорителе с использованием импульсных магнитных полей напряженностью 300 кГс / Препринт ИАЭ-2095. — М.: 1971.
20. Баранов В.И., Картамышев А.А., Макарьин В.К., Мухин К.Н., Ниллов Е.В., Патаракин О.О., Рябов В.Д., Сустанов А.Ф. Пузырьковая камера с тяжелой жидкостью и газовой водородной мишенью на пионном пучке ускорителя ИТЭФ / Препринт ИАЭ-3772/2. — М.: 1983.
21. Chew G., Low E. Unstable Particles as Targets in Scattering Experiments. // Phys. Rev. 1959. V. 113. P. 1640–1648.
22. Goebel C. Determination of the  $\pi$ - $\pi$  Interaction Strength from  $\pi N$  Scattering // Phys. Rev. Lett. 1958. V. 1. P. 337–339.
23. Филлер Ф.М. // ДАН СССР. 1967. Т. 177. С. 1058.
24. Кутлина О.Н., Мухин К.Н., Романцева А.С., Сулковская М.М. Упругое  $\pi^-$ -рассеяние при 4,33 ГэВ / Препринт ИАЭ-1975. — М.: 1970.
25. Картамышев А.А., Мухин К.Н., Романцева А.С., Сулковская М.М., Сустанов А.Ф. Реакция  $\pi^- p \rightarrow \pi^+ n$  при  $p_{\pi^-} = 4,45$  ГэВ/с // Ядерная физика. 1972. Т. 15. Вып. 2. С. 294–299.
26. Картамышев А.А., Мухин К.Н., Романцева А.С., Сустин В.А., Сулковская М.М., Сустанов А.Ф. Реакция  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 p$  при  $p_{\pi^-} = 4,45$  ГэВ/с // Ядерная физика. 1972. Т. 16. Вып. 3. С. 535–538.
27. Картамышев А.А., Мухин К.Н., Романцева А.С., Сулковская М.М., Сустанов А.Ф. Упругое  $\pi^-$ -рассеяние при  $p_{\pi^-} = 4,45$  ГэВ/с // Ядерная физика. 1973. Т. 17. Вып. 1. С. 81–84.
28. Kartamyshev A.A., Mukhin K.N., Romanceva A.S., Sulkovskaya M.M., Sustavov A.F. To-pring events in  $\pi$  p-interactions at 4,45 GeV/c // Phys. Lett. B. 1973. V. 44, № 3. P. 310–312.
29. Картамышев А.А., Мухин К.Н., Патаракин О.О., Романцева А.С., Сулковская М.М., Суркова Л.В., Сустанов А.Ф., Чернышова Л.А. Угловые распределения вторичных пионов в реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^+ n$  // Письма в ЖЭТФ. 1974. Т. 20. Вып. 11. С. 748–752.

30. Картамышев А.А., Мухин К.Н., Патаракин О.О., Романцева А.С., Сулковская М.М., Суркова Л.В., Суставов А.Ф., Чернышова Л.А. Исследование  $\pi^-$ - и  $\pi^+$ -взаимодействий в двухлучевых событиях реакций  $\pi^-$ -мезонов с протонами при  $p = 4,45$  ГэВ/с // Препринт ИАЭ-2374. 1974.
31. Картамышев А.А., Мухин К.Н., Патаракин О.О., Романцева А.С., Сулковская М.М., Суркова Л.В., Суставов А.Ф., Чернышова Л.А., Чечин А.И. Пион-пионные резонансы в реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^+ n$  // Отчёт ИАЭ № 39/71. 1975.
32. Картамышев А.А., Макарьин В.К., Мухин К.Н., Патаракин О.О., Сулковская М.М., Суставов А.Ф. Экспериментальное исследование пион-пионного рассеяния методом пузырьковых камер / Препринт ИАЭ-2733. 1976.
33. Картамышев А.А., Мухин К.Н., Патаракин О.О., Сулковская М.М., Суставов А.Ф. Фазовый анализ в области резонанса по реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^+ n$  при  $p = 4,5$  ГэВ/с // Письма в ЖЭТФ. 1976. Т. 23. Вып. 8. С. 478–483.
34. Картамышев А.А., Макарьин В.К., Мухин К.Н., Патаракин О.О., Сулковская М.М., Суставов А.Ф. Получение длин  $\pi^+$ -рассеяния в приближении эффективного радиуса. // Письма в ЖЭТФ. 1977. Т. 25. Вып. 1. С. 68–72.
35. Картамышев А.А., Макарьин В.К., Мухин К.Н., Патаракин О.О., Сулковская М.М., Суставов А.Ф. Энергетически независимый фазовый анализ  $\pi^+$ -взаимодействия из реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 p$  // Письма в ЖЭТФ. 1977. Т. 26. Вып. 5. С. 422–426.
36. Алексеева Е.А., Картамышев А.А., Макарьин В.К., Мухин К.Н., Патаракин О.О., Сулковская М.М., Суркова Л.В., Суставов А.Ф., Чернышова Л.А. анализ  $\pi^+ \pi^0$ - и  $\pi^- \pi^0$ -взаимодействий из реакций  $\pi^\pm p \rightarrow \pi^\pm \pi^0 p$  // ЖЭТФ. 1979. Т. 29. Вып. 1. С. 109–114.
37. Бельков А.А., Бунятов С.А., Мухин К.Н., Патаракин О.О., Сидоров В.М., Сулковская М.М., Суставов А.Ф., Ярба В.А. Фазы  $\pi^+$ -рассеяния из анализа реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 p$  // Письма в ЖЭТФ. 1979. Т. 29. Вып. 10. С. 652–656.
38. Алексеева Е.А., Картамышев А.А., Макарьин В.К., Мухин К.Н., Патаракин О.О., Сулковская М.М., Суркова Л.В., Суставов А.Ф., Чернышова Л.А. Исследование  $\pi^-$ - и  $\pi^+$ -взаимодействий в двухлучевых событиях от реакции  $\pi^+$ -мезонов с протонами при  $p_\pi = 3,05$  ГэВ/с / Препринт ИАЭ-3241/1. — М.: 1980.
39. Мухин К.Н., Патаракин О.О., Сулковская М.М., Суркова Л.В., Суставов А.Ф. Получение  $\delta_0^0$  фазы  $\pi^+$ -рассеяния в области от порога до 1 ГэВ // Письма в ЖЭТФ. 1980. Т. 32. Вып. 10. С. 616–618.
40. Мухин К.Н., Патаракин О.О. Пион-пионное взаимодействие // УФН. 1981. Т. 133. Вып. 3. С. 377–426.
41. Алексеева Е.А., Мухин К.Н., Патаракин О.О. Аналитическая аппроксимация фазовых кривых  $\pi^+$ -рассеяния с помощью уравнений Роя // Ядерная физика. 1982. Т. 35. Вып. 4. С. 917–924.
42. Алексеева Е.А., Картамышев А.А., Мухин К.Н., Патаракин О.О., Сулковская М.М., Суркова Л.В., Суставов А.Ф., Чернышова Л.А.

- Изучение  $\pi\pi$ -рассеяния в области упругого взаимодействия из реакции  $\pi p \rightarrow \pi\pi N$  // ЖЭТФ. 1982. Т. 82. Вып. 4. С. 1007–1025.
43. Бельков А.А., Бунятов С.А., Мухин К.Н., Патаракин О.О. Пион-пионное взаимодействие (монография). — М.: Энергоатомиздат, 1985. 128 с.
  44. Батусов Ю.А., Бунятов С.А., Сидоров В.М., Ярба В.А. Явление двойной перезарядки  $\pi$ -мезонов // Ядерная физика. 1965. Т. 1. С. 526.
  45. Roy S.M. Exact integral equation for pion-pion scattering involving only physical region partial waves // Phys. Lett. 1971. V. 36B. P. 353–356.
  46. Patarakin O.O., Tikhonov V.N., Mukhin K.N. Model independent analysis of the  $\pi$ -phase shifts from  $\pi N$ - $\pi\pi N$  data // Nuclear physics A. 1996. V. 598. P. 335–348.
  47. Patarakin O.O. (for CHAOS collaboration) A Measurement of  $\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \pi^+ n$  reaction near threshold. In Proceedings of the Workshop on Chiral Dynamics (ChPT 97) Mainz Germany 1–5 sept. 1997. Working group of  $\pi\pi$  and  $\pi N$  interactions // Lecture Notes in Physics. 1998. V. 513. P. 368–388.
  48. Kermany M., Patarakin O.O., Tikhonov V.N. et al.  $\pi^+ \pi^- \rightarrow \pi^+ \pi^-$  Cross Section Near Threshold //  $\pi N$  newsletter. 1997. V. 13. P. 27–29.
  49. Kermany M., Patarakin O., Tikhonov V. et al.  $\pi\pi$ - $\pi\pi$  cross section near threshold // Phys. Rev. C. 1998. V. 58. P. 3431–3441.
  50. Lowe J. et al.  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  near threshold and chiral symmetry breaking // Phys. Rev. C. 1991. V. 44. P. 956–965.
  51. Weinberg S. The Quantum Theory of Fields. — Cambridge: Cambridge Univ. Press., 1995. 635 с.
  52. Верещагин В.В., Мухин К.Н., Патаракин О.О. Пион-пионное взаимодействие при низких энергиях // УФН. 2000. Т. 170. № 4. С. 353–386.
  53. Майоров В.Н., Патаракин О.О., Тихонов В.Н. Определение длин  $\pi\pi$ -рассеяния из данных реакций  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  методом уравнений Роя // Ядерная физика. 2000. Т. 63. С. 1699–1709.
  54. Lowe J. BNL E-865 experiment. In Proceeding of the Workshop Chiral. Dynamics. Working group on  $\pi\pi$  and  $\pi N$  interactions. Mainz Germany. 1-5 sept. 1997 // Lecture Notes in physics. 1998. V. 513. P. 375–388.
  55. Pislak S. et al BNL — E-865 collaboration New measurements of  $K_{e4}^+$  Decay and the S-wave  $\pi\pi$ -scattering length  $a_0^0$  // Phys. Rev. Lett. 2001. V. 87. P. 221801–804.
  56. Adeva B. et al. (Proposal to SPSLC). Lifetime measurement of  $\pi^+ \pi^-$  atoms to test low-energy QCD predictions / CERN /SPSLC/ P. 284. December 15. 1994.
  57. Afanasyev L.G. et al. Observations of atoms consisting of  $\pi^+$  and  $\pi^-$  mesons // Phys. Lett. B. 1993. V. 308. № 1–2. P. 200–206.
  58. Adeva B. et al. First measurement of  $\pi^+ \pi^-$ -atom lifetime // Phys. Lett. B. 2005. V. 619. P. 50–60.
  59. Colangelo G., Gasser J., Leutwyler H. The quark condensate from  $K_{e4}$  decays // Phys. Rev. Lett. 2001. V. 86. P. 5008–5010.

60. *Tauscher J.* An update of the DIRAC result on the pion-pion  $|a_0-a_2|$  scattering length / PS Proceedings of Science KAON International Conference May 21–25. 2007. P. 1–5.
61. *Collangelo G.* Theoretical Progress on  $\pi\pi$  scatterings lengths and phases / KAON International Conference May 21–25. 2007. Rome Italy. P. 1–11.
62. *Yazkov V.* Investigarion of  $\pi^+\pi^-$  and  $\pi K$  atoms at DIRAC // Intern. Workshop on Chiral Dynfmics 6–10 July. 2009. Bern Switzerland. 2009. 9 с.
63. *Batley J.R. et al.* Observation of a casp-like structure in the  $\pi^0\pi^0$  invariant mass distribution from  $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^0 \pi^0$  decay and determination of the  $\pi\pi$  scattering lengths // Phys. Lett. B. 2006. V. 633. P. 173–182.
64. *Uretsky J.L.* Pi-Pi scattering lengths in the light of precision measurements // Report ANL-HEP-PR-06-62 arXiv: hep-ph 0712. 4162 v2. 2008. P. 2–4.
65. *Патаракин О.О.* Диссертация на соискание ученой степени доктора ф.-м. наук. — Москва. 2001. 60с.
66. *Adeva B. et al.* Evidence for  $\pi K$ -atoms with DIRAC // Phys. Lett. B. 2009. V. 674. P. 11–16.

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

**ЭДВАРД МИЛЛЗ ПЁРСЕЛЛ, ФЕЛИКС БЛОХ  
И ОТКРЫТИЕ МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА<sup>1</sup>  
(к 100-летию Э.М. Пёрселла)**

**Введение**

30 августа 2012 г. исполнилось 100 лет со дня рождения замечательного физика XX столетия Э.М. Пёрселла, лауреата Нобелевской премии «за развитие новых тонких методов измерения магнитных свойств ядер и связанные с этим открытия»<sup>2</sup> [1], разделившего эту премию с Феликсом Блохом. 7 марта этого же года исполнилось 15 лет со дня кончины Э.М. Пёрселла, а в октябре–декабре отмечается шестидесятая годовщина присуждения и вручения Нобелевской премии Пёрселлу и Блоху. Добавим, что в сентябре исполняется 105 лет со дня рождения Е.К. Завойского. Последний впервые наблюдал электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) и тем самым вообще спиновый магнитный резонанс в конденсированном веществе. Такой вот получился знаменательный для истории магнитного резонанса 2012-й год.

Затронем несколько сюжетов, связанных с упомянутыми датами. Отметим, что значительная часть информации и иллюстрации для данной публикации заимствованы из имеющихся в свободном доступе в Интернете материалов, ссылки на которые будут приведены в соответствующих местах. Автор благодарен Вл.П. Визгину за предложение сделать доклад, посвящённый упомянутым юбилеям на Об-

---

<sup>1</sup> Опубликована на сайте Трибуна УФН ([www.ufn.ru/](http://www.ufn.ru/)) Статья 116. 36 с. Печатается с некоторыми изменениями с согласия автора.

<sup>2</sup> «for their development of new methods for nuclear magnetic precision measurements and discoveries in connection therewith»

щесковском семинаре по истории физики и механики, и К.А. Томилину и В.М. Березанской за использование открытого доступа к некоторым публикациям Э.М. Пёрселла. Один из сюжетов, касающийся патента Блоха–Хансена, приобретённого фирмой «Вариан», был навеян нашей мимолётной беседой с известным американским историком науки Лореном Грэхемом (см. также интервью с ним в «Независимой газете» [2]).

## 1. Жизненный путь и научные достижения Э.М. Пёрселла

В некрологе Э.М. Пёрселла в «Нью-Йорк Таймс» [3] о нём, прежде всего, сказано, что умер «тот, кто первым сделал слышимым шёпот водорода во Вселенной»<sup>3</sup>, и лишь потом упоминается, что он разделил с Ф. Блохом Нобелевскую премию «за открытие способа обнаружить чрезвычайно слабый парамагнетизм атомных ядер»<sup>4</sup>.



Эдвард Миллз  
Пёрселл  
(1912–1997)

В краткой биографии [4. С. 724–725] упоминаются «исследования в области радиоспектроскопии, ядерного магнетизма, атомной, молекулярной и ядерной физики, радиоастрономии, биофизики, астрофизики» и более конкретно пять–шесть полученных Пёрселлом (Парселлом в транскрипции [4]) совместно с другими авторами выдающихся результатов. Из них свыше половины можно отнести к радиоспектроскопии ядерного магнитного резонанса (см. в разделе 3). Конечно, отмечается, что Пёрселл «независимо от Ф. Блоха открыл ядерный магнитный резонанс (ЯМР)».

<sup>3</sup> who made it possible to “listen” to the whisperings of hydrogen throughout the universe...

<sup>4</sup> for discovering a way to detect the extremely weak magnetism of the atomic nucleus.

Хорошо знавший Э. Пёрселла и весьма авторитетный в кругах советских и российских физиков Анатолий Абрагам высоко ценил его профессиональные и человеческие качества. Абрагам писал [5. С. 171]:

«Эдвард Парселл — человек, которого я уважаю больше всех других, как физика и как личность. Я никогда не встречался ни с кем, более настоящим, более далёким от желания показаться не тем, кто он есть».

Характерно, что в русском издании [5] Абрагам сравнил Пёрселла с А.Д. Сахаровым. Если вспомнить, что Пёрселл в 1965 г. подал в отставку с поста советника Президента США в знак протеста против эскалации войны во Вьетнаме, это сравнение покажется ещё более убедительным.

Наталья Евгеньевна Завойская собрала о Пёрселле, Ф. Блохе и их сотрудниках довольно солидный материал в своём исследовании «История одного открытия» [6. С. 113–135]. Однако в [6] собраны фактически лишь сведения о ранних работах Э. Пёрселла, Ф. Блоха и их соавторов, выполненных до публикации пионерских работ по наблюдению ЯМР в веществе.

Опишем вкратце замечательный жизненный и научный путь Эдварда Пёрселла, неустанного труженика и талантливого исследователя, выдающегося педагога, сотрудника и идейного лидера, желанного в любом научном коллективе. Благодаря усилиям коллег из Американского института физики, Института инженеров радиоэлектроники, Гарвардского университета, Университета Пердью, Американского философского общества, Нобелевского архива, Архива и библиотеки Нильса Бора и других учреждений, например, [7–11] как факты из биографии и личные впечатления Пёрселла, так и воспоминания его близких сотрудников (например, [12]) сохранились для потомков. Пожалуй, можно отметить, что в его судьбе ему, несомненно, сопутствовала удача. Родился Эдвард в маленьком американском городке Тейлорвилль (штат Иллинойс) в полутора сотнях километрах к юго-востоку от Чикаго в пресвитерианской семье. Мать Э.М. Пёрселла Мари была учительницей латинского языка. Отец Эдварда (также Эдвард) работал в местной телефонной компании и для его

сына детали электронной аппаратуры и научно-технические журналы, в частности журнал Белл-телефон компани, были предметами повседневной жизни. В старших классах школы Эдвард, переехавший с родителями в несколько более крупный городок Матун, поближе к Чикаго, обзавёлся замечательным приятелем, вместе с которым они увлекались химическими опытами. Как вспоминает сам Пёрселл, на него большое влияние оказал и талантливый педагог, преподававший химию. Преподавательница физики, как рассказывал Пёрселл, была не слишком эрудированна в своём предмете, но прививала ученикам благоговейное уважение к нему.

В то же время, как вспоминал Пёрселл [9], для него, выпускника школы, имя знаменитого инженера-электрика Ч.П. Штейнметца значило тогда (в конце 1920-х) больше, чем имя Эйнштейна. Эдвард поступил на инженерный факультет университета Пердью в городе Лафайет, штат Индиана. Однако там его склонность к исследовательской деятельности не осталась незамеченной. Его опекал профессор Карл Ларк-Горовиц (1892–1958, эмигрант из Австрии), имевший тесные связи с великим Гарвардским университетом (Кембридж, штат Массачусетс). После получения звания бакалавра в Пердью (1933) Пёрселл был направлен на стажировку в Европу, в тогдашний центр мировой физики — в Германию, а именно в Высшую техническую школу Карлсруэ. Это случилось, к сожалению, буквально в те самые месяцы, когда к власти в Германии пришли национал-социалисты. Руководитель Пёрселла по стажировке профессор Вальтер Вейцель (1901–1982), пытаясь критиковать известные кадровые подходы нацистов, имел соответствующие неприятности с новыми властями. Стажировка продлилась не более года, но и она принесла будущему молодому физика большую удачу и не только в науке. В Мюнхене Эдвард слушал лекции великого физика Арнольда Зоммерфельда, а записывать их ему помогала соотечественница, также находившаяся на стажировке в Германии по специальности германская литература, студентка из Гарварда Бетт Буссер.

По возвращении в Штаты (1934) Пёрселл был направлен в Гарвардский университет с подачи К. Ларк-Горовица. Там под руководством последнего Пёрселл занимался сначала дифрак-



цией электронных пучков на тонких плёнках, а затем подключался к другим исследованиям (в том числе и по магнитным свойствам солей при гелиевых температурах [13]). Одна из его работ (фокусировка электронного пучка в сферическом конденсаторе [14]) послужила основанием для получения степени Ph.D. Работы разворачивались на базе циклотрона. Как указано в материалах Института инженеров электриков (IEE) [8], Пёрселл участвовал в конструировании и изготовлении магнитов.

Незадолго перед тем, как Эдвард Пёрселл стал доктором философии, они с Бетт Буссер поженились и счастливо прожили почти шестьдесят лет до самой смерти Эдварда, воспитав двух сыновей.

Во время второй мировой войны (с ноября 1940) Пёрселл работал в Радиолоборатории Массачусетского технологического института, где проводились в содружестве также с британскими учёными разработки военной радиолокационной техники. Это было грандиозное инженерно-техническое предприятие с штатом сотрудников до 400 человек. К концу войны в США на основе его разработок было налажено массовое производство радиолокационного оборудования, отдельные образцы которого, по-видимому, были в конце войны поставлены и в СССР по программе лендлиза для военных целей. Труды лаборатории, в издании которых принимал участие и Э. Пёрселл и его соавторы по созданию первой установки для наблюдения ЯМР, по данным Н.Е. Завойской [6. С. 116–117] составили 28 томов! Издания были частично переведены на русский язык и широко использовались в советских лабораториях, работавших в области сверхвысоких частот и радиолокации.

В период работы в радиолоборатории (Radiation Laboratory) Пёрселл непосредственно контактировал с основателем экспериментальных методов магнитного резонанса Исидором Раби и другими участниками первых исследований по магнитному резонансу. Неудивительно, что после возвращения к мирной жизни с конца 1945 г. (примерно с сентября) до 1954 г. основные усилия Пёрселла и его нескольких соавторов были направлены на развитие методов и теории ядерного магнитного резонанса (об этом см. в разделе 3). Тем не менее, в эти же годы были проведены и другие замечательные ис-

следования. Прошое столетие помимо других эпитетов заслуживало также и названия «век радиофизики». И его середина была временем, когда радиоаппаратура, достигнув усилиями своих творцов нового уровня чувствительности, выдвигалась на новые рубежи. ЯМР относился к новому направлению радиоспектроскопии, но Эдвард Пёрселл сказал своё веское слово и в другом направлении — в создании радиоастрономии. Ему удалось вместе со своим сотрудником Гаральдом Юном (H. Ewen, в обычной британской транскрипции Юн) с помощью рупорной антенны, размещённой на крыше одного из гарвардских корпусов, уловить излучение нейтральных атомов водорода [15]. По современным представлениям средняя концентрация атомов межзвёздного газа составляет менее 1 атома в  $\text{см}^3$ . Основная его масса заключена вблизи плоскости Галактики в слое толщиной несколько сотен парсек. Плотность газа в среднем составляет около  $10^{-21}$   $\text{кг}/\text{м}^3$ . О наличии атомов водорода в межзвёздном пространстве и соответственно об ожидаемом излучении на частоте 1420 МГц ( $\lambda \approx 21$  см) уже за несколько лет до этого поговаривали многие астрономы, в частности наш И.С. Шкловский, который в 1948 г. произвёл детальный расчёт предсказанной Х.К. ван де Хюлстом (Нидерланды) радиолинии нейтрального водорода и показал, что интенсивность излучения Галактики в этой линии достаточна для обнаружения с помощью имевшегося тогда оборудования.

Это излучение отвечает переходу между уровнями с разными взаимными ориентациями магнитных спиновых моментов протона и электрона в атоме Н, обусловленными ферми-взаимодействиями типа  $F = A\mathbf{I} \times \mathbf{S}$ , где  $\mathbf{I}$ ,  $\mathbf{S}$  — операторы спинов соответственно протона и электрона. Наличие этого взаимодействия и его происхождение от непосредственного контакта электрона, находящегося на s-орбитали с протоном в своё время [16] первым предсказал Энрико Ферми, пользуясь уравнением Дирака. За свою относительно малую величину (по сравнению как с кулоновским, так и с «тонким» спин-орбитальными взаимодействиями) оно названо сверхтонким, а за свою природу — контактным. В отсутствие внешнего магнитного поля энергия  $2\mu\hbar A$  соответствует разности между энергиями состояния с параллельными спинами (триплет-

ным) и антипараллельными спинами (синглетным). Наблюдение излучения космических облаков атомарного водорода позволяет судить об их плотности, наличии между ними и нашей планетой пылевых облаков и т.д. Пёрселл впоследствии участвовал ещё в некоторых астрофизических (радиоастрономических) исследованиях [17–19].

К началу 1950-х годов также относится весьма специфическая работа Дж. Смита и Пёрселла, в которой было обнаружено излучение видимого света релятивистским пучком электронов, направленным вдоль поверхности дифракционной решётки [20]. По некоторым соображениям это излучение аналогично излучению Черенкова–Вавилова. Интересно, что ни в области методов ЯМР, ни в области излучения Смита–Пёрселла (так его теперь часто называют, см., например, [21]) Пёрселлу, по-видимому, не принадлежит ни одного патента. Однако и в том и в другом случае иные специалисты, с упоминанием Пёрселла или без него такие патенты брали. Мы нашли в Интернете ссылку на патент США, касающийся применения излучения Смита–Пёрселла. Патент выдан на имя К.А. Эхдала (С.А. Ekhdal) в 1986 г. (заявка от 1983 г.). В заявке присутствует ссылка на [20]. О купленном фирмой «Вариан» патенте на химические применения ЯМР см. ниже в разделе 3.

Пёрселл участвовал в те же годы в исследовании дальнего распространения радиоволн при отражении от неоднородностей ионосферы (в составе большой команды в восемь соавторов из четырёх учреждений, включая Бюро стандартов США, Гарвардский университет и т. д. [22]). Он участвовал и в доказательстве с повышенной точностью отсутствия электрического дипольного момента у нейтрона (совместно с Норманном Рэмси, см., например, [23]).

Пёрселл в 1949 г. стал одним из авторитетнейших профессоров физики Гарвардского университета да, пожалуй, и США в целом [7]. Именно его лекции послужили основой для вышедшего в 1965 г. второго тома Берклевского курса лекций по физике «Электричество и магнетизм» [24] (русский перевод в 1975 г., второе издание в США в 1984 г.). Этот курс до сих пор рассматривается как один из самых современных, в нём, в частности, наводится порядок в употреблении различных систем еди-

ниц (прежде всего новой системы СИ) и обозначений в курсах общей физики и электродинамики сплошных сред. Тексты из курса Пёрселла можно привлечь для анализа разночтений с употреблением обозначений  $H$  и  $B$  в формулах, описывающих эффекты магнитного резонанса (и другие эффекты в магнитном поле) [25. С. 739]. Между прочим, курс Пёрселла был одним из первых общих курсов электричества и магнетизма, включающих рассмотрение эффектов магнитного резонанса.

В 1962 г. Пёрселл оказался вовлечённым в одну из хитроумных попыток найти магнитный монополю Дирака на этот раз с помощью бомбардировки различных мишеней 30-мегаэлектронвольтным пучком протонов Брукхейвенского ускорителя. Загаданная Дираком задача со многими неизвестными, такими как масса и магнитный заряд этого самого монополя, решена была для столкновений протонов с тяжёлыми ядрами отрицательно [26] с точностью до сечений порядка  $10\text{--}40\text{ см}^2$ . Так в списке многочисленных научных достижений Пёрселла появился и отрицательный результат. Как заметил по этому поводу А. Абрагам, самый замечательный охотник возвращается с пустым ягдташем оттуда, где дичи нет.

В 1967 г. Пёрселл обратил своё внимание на некоторые проблемы биофизики, относящиеся к биомеханике, так началось его сотрудничество с Х. Бергом, которое было отмечено и патентом [27] и рядом статей [28]. Американский физический журнал поместил в 1977 г. текст лекции Пёрселла с репродукцией его оригинальных (выполненных вручную) иллюстраций и занятным названием: «Жизнь при низких числах Рейнольдса» [29]. В лекции рассматривались механизмы движения микроорганизмов. В том же 1977 г. вышла большая статья Эдварда Пёрселла и упомянутого уже биофизика из Гарварда Ховарда Берга [30], посвящённая хемотаксису микроорганизмов.

В 1970 г. Пёрселл возглавлял Американское физическое общество, он продолжал активную педагогическую деятельность вплоть до 1980 г., а в 80-е годы регулярно выступал с «заметками на оборотной стороне конверта» [31] и другими статьями педагогической направленности в Американском физическом журнале.

## 2. Биография Феликса Блоха

Соратник Пёрселла по Нобелевской премии 1952 г. гораздо более именитый физик Феликс Блох (23.10.1905–10.09.1983) родился в Цюрихе (Швейцария) в семье Густава Блоха, оптового торговца зерном, и Агнес Блох (в девичестве Майер). Достаточно краткий и в то же время содержательный биографический очерк о нём можно прочитать в Нобелевском архиве [32]. Из многочисленных материалов Интернета, посвящённых Феликсу Блоху, отметим записи бесед с ним [33–35].

Феликс Блох учился в гимназии Цюрихского кантона, которую окончил в 1924 г. Юноша интересовался математикой и астрономией и поступил (как и Э. Пёрселл) сперва на инженерную специализацию в Федеральном технологическом институте в Цюрихе. Однако прослушав первый физический курс, Блох решил стать физиком-теоретиком, а не инженером.



Феликс Блох  
(1905–1983)

С 1924 по 1927 гг. он учился в Федеральном институте, где среди его учителей были Петер Дебай и Эрвин Шрёдингер. Затем он учился в Лейпцигском университете у Вернера Гейзенберга. Докторскую степень он получил в 1928 г. в Лейпциге за диссертацию, посвященную электронной проводимости в металлах. В этой диссертации, которая, как сейчас признано, заложила основы ряда разделов физики твердого тела, он сформулировал теорему, определявшую вид волновых функций электрона в металлах (функции Блоха).

После завершения докторской диссертации Блох стал обладателем нескольких стипендий, позволивших ему работать с Гейзенбергом, Нильсом Бором, Энрико Ферми и Вольфгангом Паули; в течение этого периода он сделал свой основной вклад в теоретическую физику. Блох теоретически подтвердил и обосновал эмпирический закон Грюнгейзена, касающийся зависимости проводимости металлов

от температуры, который ныне известен как соотношение Блоха–Грюнейзена. Благодаря вкладу Блоха в теорию сверхпроводимости и в теоретическое осмысление магнитных систем целый ряд теорем и эффектов названы его именем. Это — теорема Блоха в теории сверхпроводимости, закон Блоха, касающийся зависимости намагниченности ферромагнитных материалов от температуры, стенки Блоха (зоны перехода между областями ферромагнитного материала с различными ориентациями спонтанно возникающих намагниченностей). В 1932 г. Блох развил работу Бора и Г.А. Бете по торможению движущихся заряженных частиц в веществе, получив формулу Бете–Блоха для этого эффекта. В основном эти свои выдающиеся работы, упомянутые выше, он сделал и опубликовал в Германии.

Когда Гитлер в 1933 г. пришел к власти, Блох, который был евреем, покинул Германию. Некоторое время он пытался найти себе место для спокойной работы в Европе, вступал даже в контакты с советскими физиками, работал некоторое время в Париже. По совместной работе у В. Паули Блох был знаком с Л.Д. Ландау. Был у Ландау в гостях в Ленинграде, имел личное знакомство и переписку об устройстве в Уральском физико-техническом институте с Я.Г. Дорфманом (см. об этом в книге Н.Е. Завойской [6. С. 120–123]), одна из статей Блоха опубликована в советском журнале [36].

Однако Блох сознавал всю неустойчивость положения в Европе перед лицом назревающей нацистской агрессии и всю опасность пребывания иностранца в советской России. Блох с 1934 г. поселился в Соединенных Штатах и стал гражданином США в 1939 г. В 1940 г. Блох женился на Лоре К. Миш, физике и тоже беженке из Германии; у них было три сына и дочь.

Он стал в 1934 г. адъюнкт-профессором в Стэнфордском университете, а два года спустя занял там пост полного профессора. В это время Блох выполнил ряд важных работ по квантовой теории электромагнитного поля.

Затем он исследовал недавно открытый нейтрон, предсказав, что его магнитный момент можно будет определить по рассеянию медленных нейтронов на железе и что пучок нейтронов окажется поляризованным после рассеяния на железной мишени. Эти предсказания были подтверждены

в следующем году. Блох заинтересовался свойствами нейтрона и обратился к экспериментальным исследованиям. В 1930-х годах И.А. Раби разработал резонансную методику измерения ядерных магнитных моментов в молекулярных пучках. В 1939 г. Ф. Блох вместе с Л.У. Альваресом измерил магниторезонансным методом, аналогичным методу Раби, магнитный момент нейтрона, используя циклотрон Калифорнийского университета в Беркли для генерации пучка нейтронов. Таково было первое обращение Феликса Блоха к магнитному резонансу [37]. В 1940 г. совместно с А. Зигертом Блох опубликовал важное для методики магнитного резонанса исследование с расчётом частоты магнитного резонанса в линейно поляризованном переменном магнитном поле [38]<sup>5</sup>.

Таким образом, Ф. Блох в отличие от Э. Пёрселла и Е.К. Завойского имел уже к началу своих исследований по магнитному резонансу в конденсированной среде некоторый опыт работы в области магниторезонансных явлений.

Во время второй мировой войны, как член Манхэттенского проекта по созданию атомной бомбы, Блох в Лос-Аламосе некоторое время исследовал свойства изотопов урана. Позднее он стал помощником руководителя группы, занимавшейся военными разработками по созданию помех радиолокаторам в исследовательской радиолaborатории Гарвардского университета.

После войны Блох вернулся в Стэнфордский университет и сразу приступил к работе над магнитным резонансом атомных ядер (протонов), для чего, естественно, применил радиоволновую технику. Физикам, изучавшим поведение атомных ядер, необходимо было с высокой степенью точности знать магнитные моменты различных типов ядер. В 1946 г. Блох предложил для этого оригинальный метод

---

<sup>5</sup> Как известно, наиболее простым является выражение для частоты резонанса  $\nu_0$  в магнитном поле с индукцией  $B_0$  при определённой (допустим, по часовой стрелке при  $\gamma > 0$ ) круговой поляризации резонансного поля:  $2\pi\nu_0 = \gamma B_0$ . Линейно поляризованное поле есть сумма двух противоположно вращающихся поляризованных по кругу полей. К сожалению, в достаточно солидной справке Нобелевского архива [32] работа [38], которая дала имя Блоха ещё одному эффекту — изменению последнего соотношения за счёт вклада поля с противоположно направленной круговой поляризацией (эффект Блоха–Зигерта или «сдвиг Блоха–Зигерта»), не упоминается.

ядерной индукции (см. раздел 3). Хотя Блох известен многими достижениями в области физики, именно за разработку этой методики он удостоился Нобелевской премии.

Большинство изысканий Блоха после 1946 г. связано с экспериментальными и теоретическими аспектами ЯМР («ядерной индукции»). О них см. в разделе 3. В 1954–1955 гг. Блох взял двухгодичный отпуск в Стэнфорде, чтобы стать генеральным директором ЦЕРНа (Европейского центра ядерных исследований) в Женеве (Швейцария). Об этом периоде в жизни и работе Феликса Блоха вспоминает А. Абрагам в [5. С. 191–195]. Упомянем здесь лишь то, что, по словам Абрагама, Феликс Блох был не в восторге от своего назначения, не любил административной работы и «тяжёлую физику» (ускорители).

В 1963 г. Блох снова занял пост профессора в Стэнфорде. Уйдя в отставку в 1971 г., Блох вернулся в Цюрих, где и умер 10 сентября 1983 г. Блох был членом американской Национальной академии наук, Американской академии наук и искусств, Швейцарской академии естественных наук и Американского физического общества, президентом которого он был в 1965 г.

### **3. Вклад Е.К. Завойского, Э.М. Пёрселла и Ф. Блоха в развитие теории, методики и применений магнитного резонанса**

Вопрос о существовании резонансного излучения при переходе между уровнями энергии, возникающими при различных ориентациях магнитных моментов во внешнем поле, был впервые поставлен П. Эрэнфестом и А. Эйнштейном [39]. Ориентация протонных спинов молекул водорода в магнитном поле была зафиксирована в опытах О. Штерна и др. [40], что дало основание Нобелевскому комитету наградить О. Штерна в 1943 г. Нобелевской премией, в том числе и за «открытие магнитного момента протона»<sup>6</sup>. К. Гортнер настойчиво, но безуспешно искал магнитный резонанс атомных ядер в веществе. Первая попытка Гор-

---

<sup>6</sup> «for his contribution to the development of the molecular ray method and his discovery of the magnetic moment of the proton», т.е. «за его вклад в развитие метода молекулярных пучков и открытие им магнитного момента протонов».



тера [41], предпринятая с помощью старомодного *калориметрического* метода измерения поглощения энергии, дала отрицательный результат. В то же время Гортер и его сотрудники обнаружили дисперсию и абсорбцию электромагнитных колебаний в образцах, обладающих электронным парамагнетизмом при наложении внешнего магнитного поля (см., например, [42]). Тем самым была продемонстрирована частотная зависимость поглощения и рассеяния энергии электромагнитных колебаний, обусловленная зависимостью интенсивности магнитных дипольных переходов. Однако по каким-то субъективным причинам (видимо, полагая линии магнитного резонанса электронов слишком широкими или не располагая нужным диапазоном доступных магнитных полей и частот) Гортер не искал электронного парамагнитного резонанса.

Группа И. Раби вскоре наблюдала магнитные резонансы атомных ядер в молекулярных пучках [43]. Затем та же группа наблюдала ЭПР в атомных пучках [44]. И, наконец, Ф. Блох и Л.У. Альварес наблюдали магнитный резонанс нейтронов в пучке нейтронов, генерированном с помощью циклотрона [39]. Индикация резонансного поглощения во всех этих опытах проводилась с помощью детекторов частиц при их «перебросе» с помощью резонансного возбуждения из одной ориентации в другую. Череда «открытий» магнитных резонансов началась. Однако для успеха в каждом конкретном случае необходимы были свои специфические условия.

В это же время (1940–1941) Е.К. Завойский, С.А. Альтшулер и Б.М. Козырев искали и практически нашли ядерный магнитный резонанс в веществе. Эта группа первой встала на путь применения радиофизических методов регистрации резонансной дисперсии и поглощения, обусловленных собственно магнитным резонансом. Неудача Гортера их не обескураживала, ведь они располагали куда более чувствительным методом, а успехи группы Раби их вдохновляли. Завойский, как следует из его биографии (см. ссылки в [45. С. 10–29]), исходил из желания максимально эффективно для науки использовать метод слабого генератора («сеточного тока»). Об этом говорит тематика серии работ Завойского 1935–1939 гг., где названная методика применялась для исследования поглощения

энергии электромагнитных колебаний в различных объектах (растворах электролитов, кристаллических солях и кислотах и т.д.), что не приводило к интересным или практически важным результатам. Было принято решение применить разработанный метод для наблюдения магнитного резонанса. В работе наметились серьёзные успехи. Однако трагические привходящие обстоятельства (не станем повторять их описание, данное в [25. С. 744–745; 6. С. 28–29] и в других источниках) привели к остановке исследований по поиску ЯМР. Для их продолжения требовалось «всего лишь» найти другой магнит или усовершенствовать имеющийся. Проявив чудеса научного героизма, Евгений Константинович Завойский при первой же малейшей возможности, а она была в условиях военной Казани действительно самой малейшей, вернулся к поискам магнитного резонанса, но на этот раз электронного парамагнитного резонанса. В отличие от педантичного, но не слишком решительного Гортера Завойский сразу же приступил к исследованиям в той области, где ожидался электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) на объектах, где концентрация парамагнитных электронов максимальна или близка к максимальной (соли переходных элементов  $3d$  ряда и их концентрированные растворы).

Удача, как говорят, сопутствует смелым и умелым. На частотах от 10 до 100 МГц и несколько выше в начале 1944 г. Завойский наблюдал ЭПР в магнитных полях с индукцией от  $3 \cdot 10^{-4}$  до  $3 \cdot 10^{-3}$  Тл, которые было можно получить с помощью соленоидов без железного сердечника. Высокая концентрация парамагнитных электронов не привела к чрезмерному уширению линии ЭПР, как вероятно боялся Гортер, а напротив, благодаря эффекту открытого позднее так называемого обменного сужения по Ван Флеку [46] сузила линию ЭПР в центре, оставляя, правда, широкие крылья. Простейшие парамагнетики — соли переходных элементов оказались наиболее удобными объектами для получения ЭПР.

Тот факт, что в бедной аппаратурой, кадрами, да и просто бедной Казани был обнаружен новый тонкий физический эффект, шокировал и вызывал недоверие экспертов из Физического института АН СССР. Но факт оставался фактом и проверка, выполненная в Институте

физических проблем с помощью А.И. Шальникова, доказала это. Вся эта история подробно изложена, например, в книге Н.Е. Завойской [6]. Первая публикация работы Завойского на английском языке [47] появилась с задержкой, но всё же ещё за полгода до появления работ Пёрселла и Блоха. Она не могла<sup>7</sup>, конечно, повлиять на ход работ Блоха и Пёрселла по поискам ЯМР. Оба будущих лауреата были уже в положении «низкого старта», если вообще позволено сравнивать науку со спортом высших достижений, где вечно выясняют, кто быстрее, кто дальше и кто сильнее. Но главное не в этом. Применение радиоаппаратуры для наблюдения искомого эффекта уже не имело альтернативы в глазах Пёрселла и Блоха, непосредственно перед этим проработавших почти пять лет в лучших радиолaborаториях мира. Пёрселл сообщал, что ему стало известно в самом начале работ по поиску ЯМР о повторной неудаче Гортера и Де Брура [49] в поиске ЯМР уже на радиоаппаратуре (основанной примерно на том же принципе, что у Завойского). Этот принцип (генератор слабых колебаний с образцом в катушке колебательного контура) и впоследствии успешно применялся для экспрессного обнаружения достаточно интенсивных и не слишком узких резонансов, в частности и одним из соавторов Пёрселла по первому наблюдению ЯМР Р.В. Паундом совместно с В.П. Найтом [50].

Надо ещё сказать, что неуспех Гортера с ЯМР во многом определялся не вполне удачным выбором образцов (диамагнитные кристаллические соли) и условий (пониженные температуры) для поиска ЯМР<sup>8</sup>. Но тот, у кого среди наставников были Дж. Ван Флек и И. Раби (Пёрселл), и тот, кто учился у П. Дебая и не менее хорошо знал

---

<sup>7</sup> А вот на появление первых на западе работ по ЭПР, вышедших годом позже, она явно повлияла и фактически их стимулировала, см. ссылки на неё в [48].

<sup>8</sup> Для наблюдения ЯМР необходимо, чтобы разность населённостей магнитных спиновых уровней не выравнивалась слишком быстро индуцированными полем резонансной частоты переходами, т.е. чтобы не было эффекта насыщения резонанса. Отсутствие последнего требует достаточно интенсивного взаимодействия спинов с колебаниями решётки или с движениями молекул. Такое взаимодействие сильнее при наличии в решётке парамагнитных примесей и при некотором повышении температуры.

Ван Флека да и сам изучал теорию твёрдого тела (Блох), такой ошибки повторить не могли, так как хорошо осознавали роль взаимодействия системы спинов с «решёткой» (колебаниями и движениями молекул вещества).

Мораль, которая следует из вышесказанного, такова. Нельзя было взять да и открыть магнитный резонанс с одного раза. Соотношение между частотой резонанса и

магнитной индукцией  $\nu_0 = \frac{\gamma}{2\pi} B_0$  (условие магнитного резонанса<sup>9</sup>) было к 1945 г. известно (по крайней мере, приблизительно) для протона и электрона и ещё для нескольких нуклидов. То, что магнитная индукция переменного поля резонансной частоты должна быть перпендикулярна магнитной индукции поляризирующего поля также было хорошо известно. Что же ещё открывать? Иногда надо было определить (измерить) гиромагнитное отношение  $\gamma$  для ЯМР того или иного нуклида или в современных тер-

минах ЭПР  $g = \frac{\gamma}{2\pi\beta}$ , где  $\beta$  — магнетон Бора, для той или иной молекулярной или атомной системы с неспаренным электроном.

Иногда надо подобрать мощность и процедуру возбуждения сигнала, учитывая те или иные условия взаимодействия спинов с решёткой. Одним словом, уже полученный на опыте Раби магнитный резонанс надо просто наблюдать каждый раз в совершенно новых обстоятельствах или, если хотите, открывать каждый раз заново для новых объектов. Взаимодействие концентрированного электронного парамагнетика с резонансным полем (ЭПР в солях переходных элементов) открыл Завойский. А вот ЭПР малых примесей переходных элементов в диамагнитных кристаллах, причём в широком диапазоне температур, впервые изучила группа Блини в Оксфорде [52]. ЭПР стабильного свободно-го радикала впервые наблюдали сотрудники Завойского

---

<sup>9</sup> В первых работах по ЯМР в условии резонанса употреблялось  $H$  вместо  $B$ . Такое употребление  $H$  вместо  $B$  провоцировалось употреблением гауссовой магнитной системы единиц, где в вакууме индукция в гауссах равна напряжённости в эрстедах. К тому же в трудах Г. Ми и А. Зоммерфельда, по мнению Г. Копфермана [51], именно  $H$ , а не  $B$  обозначает индукцию. (См. об этом также в [25].)

Б.М. Козырев и С.Г. Салихов. Их работу, к сожалению, пытались объявить секретной и она [53] появилась уже после аналогичных публикаций западных авторов. В 1949 г. впервые наблюдали ЭПР радиационных поврежденных кристаллов [54] и т. д.

И, наконец, совершенно иные сюжеты, наблюдение резонанса ядер — ЯМР в диамагнитных веществах. А это могут быть газы, жидкости, стёкла, кристаллы и т.д., и каждый раз условия для спин-решёточного и спин-спинового взаимодействий различны. Надо признать (на этот раз прибегая к анализу публикаций сразу после первого наблюдения ЯМР), что Пёрселл со всей очевидностью, так же как Завойский, руководствовался интересом к продвижению в научные исследования уникальных для того времени возможностей радиоаппаратуры. Эти возможности у Пёрселла, Торри и Паунда были не сравнимы с более чем скромным аппаратурным арсеналом Завойского 1940-х годов. Конструкция аппаратуры для поиска ЯМР, выбранная Э.М. Пёрселлом, Г.К. Торри и Р.В. Паундом [55], в своей высокочастотной части напоминала конструкцию аппаратуры для радиолокации с поправкой на переход в другой частотный диапазон (30 МГц или  $\lambda = 10$  м). Мы имеем в виду применение в качестве ячейки для образца (свыше 750 г парафина) не просто катушки, а объемного резонатора, хотя и нагруженного ёмкостью.

Обратим внимание на список первых работ по ЯМР с участием Пёрселла. ЯМР протонов наблюдался впервые в парафине [55]. Последовало наблюдение ЯМР протонов в газообразном водороде [56], затем наблюдение анизотропных свойств ЯМР ядер фтора  $^{19}\text{F}$  в монокристалле  $\text{CaF}_2$  [57]. Через три года последовала публикация о ЯМР в жёстких кристаллических решётках, где понятие спектрального момента было введено в практическую спектроскопию [58]. Наконец, был изучен ЯМР в твёрдом водороде [59].

Внимание Пёрселла неоднократно переключалось на изучение особенностей явления ЯМР и взаимодействия системы ядерных магнитных моментов с аппаратурой и веществом (решёткой). Таковы работа Пёрселла и Паунда об отрицательной спиновой температуре в ядерной спиновой системе [60], знаменитая 'ВРР' — работа Бломбергена, Пёрселла, Па-

унда о релаксационных эффектах в жидкости [61]. Последняя работа на долгие годы стала ключевой для анализа проблем уширения линий и насыщения ЯМР в практической спектроскопии жидких растворов. Работа Пёрселла и Пейка о форме линии ЯМР [62] оказала заметное влияние на терминологию спектроскопии ЯМР. Эта работа положила начало классификации функций формы линий ЯМР (в «нулевом приближении» — Лоренцева или Гауссова).

Одной из работ Пёрселла, имевшей общефизическое значение, хотя и основанной на эффекте, легче всего наблюдаемом при возбуждении ЯМР, послужила работа о спонтанном излучении на радиочастотах при взаимодействии системы магнитных моментов с резонансным контуром [63] высокой добротности. Известные соотношения Эйнштейна указывают, что вероятность спонтанного излучения системы осцилляторов  $A_\nu$  с частотой  $\nu$  пропорциональна  $\nu^3$  или числу осцилляторов поля излучения в единице объема  $8\pi\nu^2/c^3$ , умноженному на энергию осциллятора  $h\nu$ . Однако в резонаторе объемом  $V$  с добротностью  $Q$  первый из названных сомножителей возрастает в  $\frac{3\lambda^3}{4\pi} \cdot \frac{Q}{V}$  раз, где  $\lambda$  — длина волны. Эту работу Пёрселл

обнародовал на заседании Американского физического общества сразу после первых наблюдений ЯМР. Эффекты спонтанного излучения при взаимодействии поляронов с резонансными структурами в кристаллах в одном из недавних литературных источников имеют также название «эффекта Пёрселла» [64].

В 1949 г. Пёрселл опубликовал выполненное им серьёзное метрологическое исследование по измерению магнитного момента протона в магнетонах Бора [65], путём сопоставления частоты диамагнитного (циклотронного) резонанса и частоты протонного магнитного резонанса в одном и том же магнитном поле.

Выдающейся методической работой, которую выполнил Пёрселл совместно с Германом Карром, была работа [66], во многом предвосхитившая технику многоимпульсных последовательностей возбуждения ЯМР («спиновую хореографию», по слову автора работы [67]).

Специально подобранные импульсные последовательности широко применяются ныне для многомерного хими-

ческого ЯМР (Р. Эрнст и др., например, [68]) и для ядерной магнитной томографии (П. Лотербур и П. Мэнсфилд [69, 70]).

Непосредственным результатом этого исследования было создание метода измерения диффузионной постоянной молекул в жидкости при многократном импульсном возбуждении ЯМР в неоднородном поляризирующем магнитном поле.

В дальнейшем это привело также к созданию методов по выделению в спектре ЯМР сигналов тяжёлых (медленно диффундирующих) на фоне быстро затухающих сигналов лёгких (быстро диффундирующих в области образца с другими значениями индукции поляризирующего поля и резонансной частоты) молекул (спектроскопия DOSY= Diffusion Ordered Spectroscopy).

Мотивация Феликса Блоха, безусловного лидера стэнфордской группы искателей ЯМР (Ф. Блох, Вильям Хэнсен и Мартин Паккард [71; 72]), была, по нашему мнению, в этой работе двойкой и исходила, во-первых, из его уже имевшегося опыта работы с магнитным резонансом. Во-вторых, интерес Блоха к магнитному резонансу был связан также и с исследованиями магнитных свойств нейтрона (см. об этом в [6. С. 125–126] цитату из воспоминаний одного из соавторов Ф. Блоха Г. Штауба). Аппаратура для наблюдения магнитного резонанса протонов у группы Блоха была оригинальной. Приёмная катушка имела ось, перпендикулярную оси передающей («скрещенные катушки Блоха», у которого почти всё, чего он касался, получало его имя!). Если до появления резонанса наводка электромагнитного сигнала с возбуждающей катушки на приёмную была скомпенсирована (для этого имелись специальные устройства — «лопатки»), появление сигнала в приёмнике могло происходить только из-за возбуждения прецессии магнитного момента протонов образца (в первом опыте — раствора парамагнитной соли в воде), помещённого в приёмную катушку. Это Блох и назвал ядерной индукцией, что напоминает нам о работе с участием Блоха [38], в которой он изучал особенности возбуждения сигнала магнитного резонанса вращающимся и линейно поляризованным магнитными полями. Блох создал и простой и эффективный теоретический аппарат [73], который позволял фе-

номенологически описать явление ядерного магнитного резонанса макроскопического магнитного момента образца. Это — векторное дифференциальное уравнение или, соответственно, три линейных дифференциальных уравнения для компонент магнитного момента, которые... ну, конечно, немедленно получили наименование «уравнений Блоха».

Потребовалось некоторое время, чтобы авторы двух различных схем возбуждения ЯМР пришли к пониманию, что и та и другая схемы хотя и различны по техническому воплощению, но схожи по идее регистрации нарушения фазового и энергетического баланса в определённых частях аппаратуры. Нарушение происходит за счёт сигнала ядерного магнитного резонанса, а уравнения Блоха одинаково применимы (как показали последующие работы самого Блоха, чаще в жидкости) или неприменимы (в зависимости от природы вещества, в котором наблюдается ЯМР) при любом способе возбуждения и приёма сигналов ЯМР. В нулевом приближении поведение магнитного момента почти любого образца можно описать с помощью уравнений Блоха.

Блох не преминул применить новый метод для новых и более точных определений магнитного момента нейтрона в свободном и в связанном состоянии. Магнитные моменты трития (нуклида тяжёлого изотопа водорода, содержащего два нейтрона и один протон) были измерены методом ЯМР [74]. Уточнено было и значение магнитного момента дейтрона [75].

Наконец, по инициативе Ф.Блоха в одном и том же магнитном поле было проведено сравнение резонансных частот нейтрона и протона [76], т.е. был осуществлен план, о котором Блох рассказывал в первые месяцы после возвращения в Стэнфорд.

Особняком стояла работа, в которой была изучена релаксация ядер в газе при их взаимодействии с парамагнитными центрами на поверхности сосуда, содержащего газ [77]. Парамагнитные центры (как и в жидкости) по определению Блоха служат «катализаторами ядерной парамагнитной релаксации». Этот термин прижился в лабораторном жаргоне. Замечательным вкладом в технику ЯМР послужила последняя экспериментальная работа Блоха в этой области [78]. В этой работе было предложено устранять влияние азимутальной неоднородности индукции



магнитного поля в объеме образца на уширение наблюдаемой линии ЯМР путём быстрого вращения образца<sup>10</sup>. Эта методика быстро утвердилась в лабораторной практике высокого разрешения ЯМР. На то время она способствовала повышению разрешающей способности спектрометров ЯМР почти на порядок.

Феликс Блох вернулся к теоретическим разработкам после 1952 г. Он сосредоточился на обосновании «уравнений Блоха». Область их применимости оценивалась им, исходя из представлений статистической физики [79, 80]. Анатолий Абрагам, впоследствии сумевший включить основные идеи этих работ в свою «Библию ЯМР» (книгу «Ядерный магнетизм» [81]), так изложил своё первое впечатление от них в [5. С.193]:

«Блох запросил моё мнение о работе, и я выразил грандиозность предприятия одним словом “Göttverdämmerung”<sup>11</sup>».

Некоторые более поздние работы Блоха также относились к квантово-статистической теории ЯМР [82, 83].

Один из соавторов Блоха по открытию ЯМР Билл Хэнсен, скончавшийся в 1949 г., имел тесные связи с весьма активными и квалифицированными предпринимателями в области электроники братьями Расселом и Сигурдом Варианами. Последние инициировали уже в 1946 г. подачу заявки и оформление патента на «Метод и средства для химического анализа посредством ядерных индукций». Блох сперва не проявил интереса к получению патента (по словам Вестона Андерсона [84]). Однако Рассел Вариан был настойчив и взял на себя подготовку заявки (см. там же). Патент был получен в 1951 г. и, конечно, приобретён фирмой «Вариан», семейным предприятием упомянутых выше братьев. Первый пункт патента, но уже в окончательной редакции объединял все магнитные резонансы,

<sup>10</sup> Если частота вращения  $\nu_{\text{rot}} \gg (\delta B \cdot \gamma)$ , где  $\delta B$  — максимальная азимутальная неоднородность индукции магнитного поля в объёме образца, спектрометр показывает частоту резонанса, равную среднему значению (вращение усредняет разброс частот и сужает резонансную линию).

<sup>11</sup> С нем. «Гибель богов» («Осуждение богов») — опера Рихарда Вагнера, произведение, оставляющее грандиозное впечатление.

включая и ЭПР<sup>12</sup>. Вестон Андерсон описал историю с патентом в Энциклопедии ЯМР (описание частично цитируется Н.Е. Завойской [6. С. 134–135]). Из этого описания видно, что изменение заявки с неявным включением ЭПР последовало уже позднее, в процессе разборок с другими претендентами на аналогичные изобретения. Заподозрить Блоха и даже представителей фирмы «Вариан» в плагиате у Завойского, по данным [6], нельзя.

Фирма «Вариан» более 15 лет была ведущей в приборостроении ЯМР и, конечно, с лихвой окупила свои затраты на патент, в том числе и на лицензионные выплаты Блоху. Так, ядерный магнитный резонанс перестал быть «всего лишь идеей» («Lonely idea» по Лорену Грэхему [2]) и начал приносить прибыль, а заодно и зарабатывать средства для своего дальнейшего развития<sup>13</sup>.

Фирма «Вариан» до начала XXI века успешно конкурировала за рынок приборов ЯМР и ЭПР именно *для химического анализа* (какова прозорливость толковых дельцов!) с постепенно набравшей обороты и, наконец, почти полностью победившей в конкурентной борьбе швейцарско-немецкой фирмой «Брукер Спектроспин». Возникновение и успешное развитие этой новой фирмы (а также некоторых других) показало, однако, что открытые публикации ряда исследователей, в том числе и Пёрселла и, конечно, Е.К. Завойского, создавали многочисленные лазейки для обхода патента, чем и пользовались конкуренты «Вариана».

Своими исследованиями в области ЯМР известны выдающиеся ученики Э. Пёрселла (Н. Бломберген, Г. Карр, Р. Панд, Г. Пейк, Г. Торри и др.). Среди них наибольших успехов, правда, уже на другом поприще, достиг Николаас Бломберген (лауреат Нобелевской премии по физике 1981 г. за

---

<sup>12</sup> Это было связано, по мнению В. Андерсона в передаче Н.Е. Завойской, с попытками преодоления конкуренции со стороны некоего сотрудника лаборатории Белл-компани К. Хогана получить всеобъемлющий патент на применение любых методов магнитного резонанса [6. С. 134–135].

<sup>13</sup> Например, переход от непрерывного возбуждения и наблюдения ЯМР к импульсному возбуждению с последующим фурье-преобразованием отклика был основан на патенте Р.Эрнста и В. Андерсона [85], полученном на основе разработок лаборатории фирмы «Вариан». Впрочем, опубликованные результаты других исследователей позволяли конкурентам «Вариана» обойти и этот патент.

лазерную спектроскопию). Об их работах, совместных с Пёрселлом, мы уже упоминали. Стоит ещё вспомнить знаменитый «пейковский» дублет — характерный фрагмент спектра ЯМР в кристаллогидратах, обязанный своим происхождением дипольному взаимодействию относительно изолированной пары протонов  $\text{H}_2\text{O}$  [86].

Многие из сотрудников Ф. Блоха продолжили свои исследования в лаборатории фирмы «Вариан». Среди них самый молодой из группы, наблюдавшей магнитный резонанс Мартин Паккард и весьма успешный исследователь и изобретатель Вестон Андерсон, которого мы уже упоминали выше. Решения уравнений Блоха при быстром прохождении через резонанс нашёл в соавторстве с Б.А. Джекобсоном теоретик Р.К. Вангснесс [87]. Он же участвовал в дальнейшем в квантово-статистическом обосновании уравнений Блоха [79].

Работы Блоха и Пёрселла непосредственно повлияли на развёртывание исследований ЯМР в СССР. Ссылки на них имеются в первой русскоязычной публикации по ЯМР К.В. Владимирского 1947 г. [88]. Сборник рефератов статей по ЯМР, опубликованных в иностранной литературе с 1942 по 1950 г., вышедший в Издательстве иностранной литературы [89], был настольной литературой, например, в лаборатории С.Д. Гвоздовера в МГУ<sup>14</sup>.

Известно, что применение ЯМР имело место в 1950–1951 гг., т.е. под непосредственным влиянием работ Блоха и Пёрселла, также в таких научно-технических центрах СССР, как Лаборатория № 3 (будущий ТТЛ и позже ИТЭФ Средаша СССР), Сухумский физико-технический институт, завод «Электросила» (Ленинград) [91].

#### **4. Открытие магнитного резонанса в зеркале Нобелевских премий**

Результаты ежегодных конкурсов на Нобелевские премии, которые проходят вот уже более 110 лет с небольшими перерывами на мировые войны и великие депрессии, конечно, не являются абсолютным индикатором

---

<sup>14</sup> Первая работа С.Д. Гвоздовера по ЯМР [90] была опубликована как раз в 1950 г.

сравнительных успехов исследователей в различных областях и в естествознании в целом. И всё же эти результаты позволяют в каком-то приближении оценить если не объективную относительную ценность результатов разных исследователей, то, по крайней мере, отношение определённых авторитетных кругов научного сообщества к этим результатам.

Например, хорошо известно, что вопреки явно выраженному мнению той части научного сообщества, которая непосредственно занималась магнитными резонансами (о чём говорит, например, награждение Завойского премией Международного общества магнитного резонанса (ISMAR) 1977 г.), Е.К. Завойский не получил Нобелевской премии за открытие электронного парамагнитного резонанса. Но ведь за это не получил премии и никто другой, скажем, Исидор Раби, который тоже открыл ЭПР, только в атомном пучке (об этом упоминал и сам Завойский на защите своей докторской диссертации). Вообще электронному парамагнетизму с Нобелевскими премиями не повезло. Не получил премию за закон Кюри сам Пьер Кюри (правда, он получил свою премию за радиоактивность), не получили премию за утверждение теории спина электрона Дж. Уленбек и С. Гаудсмит. Лишь Дж. Ван Флек практически на склоне лет разделил Нобелевскую премию 1977 г. «за фундаментальные теоретические исследования электронной структуры». Кстати, согласно мнениям, учтённым в вердиктах Нобелевского комитета (что совпадает и с нашим, высказанным выше в разделе 3, мнением), магнитный резонанс невозможно было открыть раз и навсегда, хотя какие-то его открытия в различных средах можно усмотреть. Мы посчитали, что примерно 60 % всех Нобелевских премий по физике присуждались с формулировками, включающими слово «discovery», «discoveries» или «discovering» (открытие или открытия). И. Раби получил свою премию всего лишь «за резонансный метод регистрации магнитных свойств атомных ядер». Блох и Пёрселл получили свою премию, как известно, «за развитие новых тонких методов измерения магнитных свойств ядер и связанные с этим открытия». Итак, они в основном развили методы (разные), но с помощью этих методов нечто открыли (по мнению Нобелевского комитета). Однако в этой формулировке прямо не сказано, что открыт

ядерный магнитный резонанс в веществе, тем более вообще магнитный резонанс в веществе, и приоритет Е.К. Завойского никак не подвергнут сомнению. Добавим, что в 1966 г. Нобелевскую премию получил А. Кастлер за открытие двойного оптического-парамагнитного резонанса, что Нобелевский комитет сформулировал как «за открытие и развитие оптических методов регистрации радиочастотных резонансов в атомах»<sup>15</sup>.

«Запоздалые» Нобелевские премии были вручены за ряд исследований, прямо или косвенно связанных с явлениями или применениями магнитного резонанса. Мы имеем в виду премии, вручённые Ван Флеку в 1977 г., Норманну Рэмси в 1989 г. и, возможно, Энтони Леггету в 2003 г. Дальнейшие награждения премиями Нобеля за магнитный резонанс последовали уже в номинации по химии (Р. Эрнсту в 1991 г.; К. Вютриху в 2002 г.) и медицине (П. Лотербуру и П. Мэнсфилду в 2003 г.). Об этом см. в [25. С. 760]. Премия Э. Леггету (о ней по упущению автора [25] в предыдущей ссылке не упоминалось) была присуждена по всей очевидности за исследования сверхтекучести  $^3\text{He}$ , в том числе и методом ЯМР. См. ссылки в книге А. Абрагама и М. Гольдмана [92. Т.1. Гл.4], а также например, [93].

### Заключительные замечания

В ходе работы над настоящей публикацией кроме логики развития научного познания нас интересовали и личностные мотивации первооткрывателей магнитного резонанса, а также исторические обстоятельства и социально-экономические условия, в которых эти открытия совершались.

История открытия Завойского несёт на себе трагический отпечаток пренебрежения к судьбе и таланту выдающегося исследователя. Ему не позволили (не то что бы просто не помогли, а именно не позволили) открывать ЯМР. Не было создано и условий для систематической работы талантливого исследователя в помощь фронту во время войны. Когда, не взирая на крайне стеснённые обстоятельства, Евгений Константинович всё же сумел первым в мире наблюдать

---

<sup>15</sup> С англ. «for the discovery and development of optical methods for studying Hertzian resonances in atoms».

ЭПР, он не получил для дальнейшего развёртывания работ в Казани поддержки оборудованием и кадрами. С этой точки зрения было благом для отечественной науки и самого Завойского, что его вовлекли с 1947 г. в Атомный проект, где он нашёл поле для применения своих талантов физика, экспериментатора и изобретателя. Соратники Завойского по поискам ЯМР С.А. Альтшулер и Б.М. Козырев сумели постепенно создать школы физиков и физико-химиков в Казани, которые внесли в последующем заметный вклад в исследования магниторезонансных явлений.

Условия для поисков ЯМР группами Пёрселла и Блоха, соответственно в Гарварде и Стэнфорде, выглядят просто великолепными. Ещё более удачными можно считать условия для развёртывания ими работ по изучению эффектов, сопутствующих ЯМР, и по применениям ЯМР. Работы Пёрселла по ЯМР пришлись на самый взлёт его таланта и перемежались успешными исследованиями в других областях (радиоастрономии, распространении радиоволн и т.д.), в основе всех этих исследований лежали применения новейших тогда методов радиофизики. Работы группы Блоха были подхвачены приборостроительной фирмой «Вариан» и, можно сказать, легли в основу будущего расцвета приборостроения химической радиоспектроскопии ЯМР. Блоху удалось реализовать свои первоначальные планы в отношении определения магнитных моментов нейтрона и простейших нуклидов (изотопов водорода), а также наметить один из возможных путей построения квантово-статистической теории поведения ядерных моментов в образце.

Уместно ещё раз подчеркнуть, что в настоящей статье мы широко пользовались материалами исследований Н.Е. Завойской [6].

## Литература

1. Эдвард Майлз Пёрселл/Лауреаты Нобелевской премии: Энциклопедия: Пер. с англ. — М.: Прогресс, 1992 [Nobel Prize Winners. — New York: The H.W. Wilson Company, 1987]. [[n-t.ru/nl/fz/purcell.htm](http://n-t.ru/nl/fz/purcell.htm)]
2. Ваганов А. Технологии в идеологической западне. Интервью с заслуженным профессором в отставке Л. Грэхемом//Независимая газета № 17 (221) от 28.12.2011.

3. Dr. E.M. Purcell, 84, Shared Nobel for Work on Hydrogen//The New York Times March 10 1997.
4. Храмов Ю.А. Парселл Эдвард Майлз//История физики. — Киев: «Феникс», 2006. 1176 с.
5. Абрагам А. Время вспять или Физик, физик, где ты был. Пер. с франц. (с изм. и доп.) автора / Под. ред. А.С. Боровика-Романова. — М.: Наука, 1991. 392 с.
6. Завойская Н.Е. История одного открытия. — М.: ООО «Группа ИТД», 2007. 208 с.
7. Edward Mills Purcell /Array of contemporary American physicists. — American Institute of Physics /www.aip.org <> /HomeBrowse
8. Edward M. Purcell, an oral history conducted in 1991 by John Bryant. IEEE History Center, New Brunswick, NJ, USA. /ghn.ieee.org <...> Oral Histories /
9. Interview with Dr. Edward Purcell / By Katherine R. Sopka At Lyman Laboratory of Physics, Harvard University, Cambridge, Massachusetts June 8, 1977 /www.aip.org/history/ohilist/4835\_1.html/
10. Edward Mills Purcell / Research and Development of the U.S. Department of Energy (DOE R&D Accomplishments). Edward Mills Purcell — eNotes.com Reference //www.osti.gov/accomplishments/purcell.html
11. Ramsay N. Edward Mills Purcell — Honorary //www. amphilsoc. org/sites/default/.../Purcell...
12. Pound R.V. Edward Mills Purcell / Biographical Memoirs. — The National Academic Press. //books.nap.edu/html/biomems/epurcell.html
13. Hebb M. H., Purcell E. M. A Theoretical Study of magnetic cooling experiment //J.Chem. Phys. 1937. V. 5, No 5. P. 338–350.
14. Purcell E.M. The Focusing of Charged Particles by a Spherical Condenser // Phys.Rev. 1938. V. 54, No 10. P. 818–826.
15. Ewen H.I., Purcell E.M. Observation of a Line in the Galactic Spectrum: Radiation from Galactic Hydrogen at 1,420 Mc./sec// Nature. 1951. V. 168. P. 356.
16. Fermi E. Über die magnetischen Momente der Atomkerne //Zschr. F. Phys. 1930. Bd. 60. S. 320–333.
17. Purcell E. M., Pennypacker C. R. Scattering and absorption of light by nonspherical dielectric grains // Astrophysical Journal 1973. V. 186. P. 705.
18. Purcell E.M. On the alignment of interstellar dust // Physica. 1969. V. 41, No 1. P. 100–127.
19. Purcell E. M., Spitzer L., Jr. Orientation of Rotating Grains Astrophys // J. 1971. V. 167, No 1. P. 31–62.
20. Smith S.J., Purcell E.M. Visible Light from Localized Surface Charges Moving across a Grating // Phys. Rev. 1953. V. 92. P. 1069.
21. Woods K. J., Walsh J. E., Stoner R. E., Kirk H. G., Fernow R. C. Forward Directed Smith-Purcell Radiation from Relativistic Electrons// Phys. Rev. Lett. 1995. V. 74, No 19. P. 3808–3811.
22. Bayley D. K. et al. A New Kind of Radio Propagation at Very High Frequencies Observable over Long Distances //Phys. Rev. 1952. V. 86, No 2. P. 141–145.

23. *Ramsay N.F.* On the Possibility of Electric Dipole Moments for Elementary Particles and Nuclei // *Phys. Rev.* 1950. V. 78, No 6. P. 807.
24. *Purcell E.M.* Electricity and Magnetism. Berkeley Physics Course Vol. II. — New York: McGraw Hill, 1965. [*Парселл Э.М.* Электричество и магнетизм. Берклевский курс физики. Том 2. — М.: Наука, Физматлит, 1975.]
25. *Кессених А.В.* Открытие, исследования и применения магнитного резонанса // *УФН.* 2009. Т. 179, № 7. С. 737–764 [*Kessenikh A.V.* Magnetic resonance: discovery, investigations, and applications // *Physics-Uspexhi.* 2009. V. 52, No 7. P. 695–722].
26. *Purcell E.M., Collins G. B., Hornbostel J., Fujii T. and Turkot F.* Search for the Dirac monopole with 30-BeV protons // *Phys. Rev.* 1963. V. 129, No 5. P. 2326–2336.
27. *Purcell, E.M. and Berg, H.C.* Particle separator. — U.S. Patent 3, 523, 610 (1970).
28. *Berg H.C. and Purcell E.M.* A method for separating according to mass a mixture of macromolecules or small particles suspended in a fluid. I. Theory. — *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 1967. V. 58. P. 862–869; *Berg H.C., Purcell E.M. and Stewart W.W.* ... II. Experiments in a gravitational field. — *ibid.* P. 1286–1291; *Berg H.C. and Purcell E.M.* ... III. Experiments in a centrifugal field. — *ibid.* P. 1821–1828.
29. *Purcell E.M.* Life at low Reynolds numbers // *Am. J. Phys.* 1977. V. 45, No 1. P. 3–11.
30. *Berg H. C., Purcell E.M.* Physics of chemoreception // *Biophys. J.* 1977. V. 20, No 2. P. 193–219.
31. *Purcell E.M.* The back of the envelope // *Am. J. Phys.* 1983–1988. See vols. 51, 52, 55, and 56. For ex.: *Purcell E.M.,* Editor: *The Back Of The Envelope: New Problems.* *Purcell E.M.,* Editor: *Solutions to December Problems* // *Am. J. Phys.* January 1984. V. 52. Iss. 1. P. 8.
32. Ф. Блох / Лауреаты Нобелевской премии: Энциклопедия: Пер. с англ. с доп. — М.: Прогресс, 1992 [Nobel Prize Winners: an H.W. Wilson biographical dictionary. — The H.W. Wilson Company, 1987]. [[n-t.ru/nl/fz/bloch.htm](http://n-t.ru/nl/fz/bloch.htm)].
33. Interview with Felix Bloch by Thomas S. Kuhn In Palo Alto, California May 14, 1964. Research and Development of the U.S. Department of Energy (DOE R&D Accomplishments) // [www.aip.org/history/ohilist/4509.html](http://www.aip.org/history/ohilist/4509.html)
34. Interview with Felix Bloch by Charles Weiner at Varian Physics Building Stanford University, California August 15, 1968 // [www.aip.org/history/ohilist/4510.html](http://www.aip.org/history/ohilist/4510.html)
35. Interview with Dr. Felix Bloch by Lillian Hoddeson at Stanford University December 15, 1981 // [www.aip.org/history/ohilist/5004.html](http://www.aip.org/history/ohilist/5004.html)
36. *Bloch F.* Die physikalische Bedeutung mehrerer Zeiten in der Quantenelektrodynamik // *Phys. Zsch. der Sowietunion.* 1934. Bd. 5. S. 302–315.



37. *Alvarez L.W., Bloch F.* A quantitative determination of the neutron moment in absolute nuclear magnetons // *Phys. Rev.* 1940. V. 57, № 2. P. 111–122.
38. *Bloch F., Siegert A.* Magnetic resonance for nonrotating fields // *Phys. Rev.* 1940. V. 57, № 6. P. 522–527.
39. *Einstein A., Ehrenfest P.* Quantentheoretische Bemerkungen zum Experiment von Stern und Gerlach // *Zschr. Phys.* 1922. Bd. 11. S. 31–34.
40. *Frisch R., Stern O.* Über die magnetische Ablenkung der Wasserstoffmolekülen in magnetischen Felder und magnetische Moment des Protons // *Zs. Phys.* 1933. Bd. 85, H1-2. S. 4–16.;  
*Estermann I., Stern O.* Über die magnetische Ablenkung der Wasserstoffmolekülen in magnetischen Felder und magnetische Moment des Protons. 2 // *ibid.* S. 17–26.
41. *Gorter C.J.* Negative result of an attempt to detect nuclear magnetic spins // *Physica.* 1936. V. 3, № 9. P. 995–998.
42. *Gorter C.J.* Paramagnetic relaxation in a transversal magnetic field // *Physica.* 1936. V. 3, No 9. P. 1006–1008.
43. *Rabi I.I., Zacharias J.R., Millman S., Kush P.* A new method of measuring nuclear magnetic moment // *Phys. Rev.* 1938. V. 53, № 4. P. 318.
44. *Kush P., Millman S., Rabi I.I.* Radiofrequency spectra of atoms. Hyperfine structure and Zeeman effect in the ground state of  $\text{Li}^6$ ,  $\text{Li}^7$ ,  $\text{K}^{39}$  and  $\text{K}^{41}$  // *Phys. Rev.* 1940. V. 57. P. 765–780.
45. *Яблоков Ю.В, Фанченко С.Д.* Краткий очерк научной, педагогической и общественной деятельности (Е.К. Завойского) / Евгений Константинович Завойский. Материалы к биографии. — Казань: Унипресс, 1998.
46. *Gorter C.J., van Vleck J.* The role of exchange interaction in paramagnetic absorption // *Phys. Rev.* 1947. V. 72, № 10. P. 1128–1129;  
*Van Vleck J.H.* Dipolar broadening of magnetic resonance lines in crystals // *Phys. Rev.* 1948. V. 74, No 9. P. 1168–1183 [См. перев.: *Ван Флек Дж.* Дипольное расширение линий магнитного резонанса в кристаллах // *Ферромагнитный резонанс и поведение ферромагнетиков в переменных магнитных полях.* Под ред. С.В. Вонсовского. — М.: ИЛ. 1952. С. 71–87].
47. *Zavoisky E.K.* Spin magnetic Resonance in paramagnetics // *J. Phys. USSR.* 1945. V. 9. P. 245.
48. *Cummerow R. L., Halliday D.* Paramagnetic losses in two manganous salts // *Phys. Rev.* 1946. V. 70, № 5–6. P. 433.
49. *Gorter C. J., Broer L.J.F.* The Negative Results of an Attempt to observe Nuclear Magnetic Resonance // *Physica.* 1942. V. 9. P. 591–596.
50. *Pound R.V., Knight W.P.* A Radiofrequency Spectrograph and Simple Magnetic-Field Meter // *Rev. Sci. Instrum.* 1950. V. 21, P. 219.
51. *Конферман Г.* Ядерные моменты. Изд-е 2. (пер. с нем). — М.: ИЛ, 1960.
52. *Buggley D.M.S., Bleaney B., Griffiths J.H.S., Penrose R.P., Plumpton B.I.* Paramagnetic resonance in salts of the iron group. A preliminary survey. I. Theoretical discussion. — *Proceedings of the physical society.* London. 1948. V. 61, No 6. P. 542–550; II. Experimental results // *ibid.* P. 551–561.

53. *Козырев Б.М., Салихов С.Г.* Парамагнитная релаксация в пентафенил-циклопентадиениле // ДАН СССР. 1947. Т. 58, № 6. С. 1023–1025.
54. *Hutchison C.A.* Paramagnetic resonance absorption in crystals colored by irradiation // *Phys. Rev.* 1949. V. 75, No 5. P. 1769–1770.
55. *Purcell E.M., Torrey H.C., Pound R.V.* Resonance Absorption by Nuclear Magnetic Moments in a Solid // *Phys. Rev.* 1946. V. 69, № 1–2. P. 37–38.
56. *Purcell E.M., Pound R.V., Bloembergen N.* Nuclear Magnetic Absorption in Hydrogen Gas // *Phys. Rev.* 1946. V. 70. P. 986–987.
57. *Purcell E.M., Bloembergen N., Pound R.V.* Resonance Absorption by Nuclear Magnetic Moments in a Single Crystal of CaF // *Phys. Rev.* 1946. V. 70, P. 988.2.
58. *Gutowsky H.S., Kistiakowsky G.B., Pake G.E., Purcell E.M.* Structural Investigations by Means of Nuclear Magnetism. I. Rigid Crystal Lattices // *J. Chem. Phys.* 1949. V. 17. P. 972.
59. *Reif F., Purcell E.M.* Nuclear magnetic resonance in solid hydrogen // *Phys. Rev.* 1953. V. 91, No 3. P. 631–641.
60. *Purcell E.M., Pound R.V.* A Nuclear Spin System at Negative Temperature // *Phys. Rev.* 1951. V. 81. P. 279–280.
61. *Bloembergen N., Purcell E.M., Pound R.V.* Relaxation effects in nuclear magnetic absorption // *Phys. Rev.* 1948. V. 73, № 7. P. 679–691.
62. *Pake G.E., Purcell E.M.* Line shape in nuclear paramagnetism // *Phys. Rev.* 1948. V. 74, No 9. P. 1184–1188.
63. *Purcell E.M.* Spontaneous Emission Probabilities at Radio Frequencies // *Phys. Rev.* 1946. V. 69. P. 681.
64. *Hideo I., Englund D., Vuckovic J.* Analysis of the Purcell effect in photonic and plasmonic crystals with losses // *Optics Express.* 2010. V. 18, No 16. P. 16546. [<http://www.stanford.edu/group/nqp>]
65. *Purcell E.M.* A Precise Determination of the Proton Magnetic Moment in Bohr Magnetons // *Phys. Rev.* 1949. V. 76. Iss. 8. P. 1262–1263.
66. *Carr H.Y., Purcell E.M.* Effects of diffusion on free precession in nuclear magnetic resonance experiments // *Phys. Rev.* 1954. V. 94. P. 630–638.
67. *Freeman R.* Spin Choreography. Basic Steps in High Resolution NMR Spektrum. — Oxford: Academic Press, 1997.
68. *Эрнст Р., Боденхаузен Дж., Вокаун А.* ЯМР в одном и в двух измерениях (пер. с англ.). — М.: Мир, 1990. 712 с. [*Ernst R.R., Bodenhausen G., Wokaun A.* Principles of nuclear magnetic resonance in one and two dimensions. — Oxford: Clarendon press, 1987].
69. *Lauterbur P.C.* The image formation by induced local interaction // *Nature.* 1973. V. 242. P. 190–191.
70. *Mansfield P.* Multi-planar image formation using NMR spin-echoes // *J. Phys. C. Solid state physics.* 1977. V. 10. P. 155–158.
71. *Bloch F., Hansen W.W., Packard M.* Nuclear Induction // *Phys. Rev.* 1946. V. 69, No 3. P. 127.
72. *Bloch F.* Nuclear induction // *Phys. Rev.* 1946. V. 70, No 7/8. P. 460–474.
73. *Bloch F., Hansen W.W., Packard M.* Nuclear Induction Experiments // *Phys. Rev.* 1946. V. 70, No 7–8. P. 474–485.
74. *Bloch F., Groves A.C., Packard M., Spence R.W.* Spin and magnetic moment of tritium // *Phys. Rev.* 1947. V. 71, No 3. P. 373–374.

75. Bloch F., Levinthal E.C., Packard M.E. Relative Nuclear Moments of H1 and H2 // Phys. Rev. 1947. V. 72. P. 1125–1126.
76. Bloch F., Nicodemus D., Staub H.H. A Quantitative Determination of the Magnetic Moment of the Neutron in Units of the Proton Moment // Phys. Rev. 1948. V. 74. P. 1025–1045.
77. Bloch F. Nuclear Relaxation in Gases by Surface Catalysis // Phys. Rev. 1951. V. 83. P. 1062–1063.
78. Bloch F. Line-Narrowing by Macroscopic Motion // Phys. Rev. 1954. V. 94. P. 496–497.
79. Wangsness R. K., Bloch F. The Dynamical Theory of Nuclear Induction // Phys. Rev. 1953. V. 89, No 4. P. 728–739.
80. Bloch F. Dynamical Theory of Nuclear Induction. II // Phys. Rev. 1956. V. 102, No 1. P. 104–135.
81. Абрагам А. Ядерный магнетизм (пер. с англ.). — М.: ИЛ, 1963. 551 с. [Abragam A. Principles of nuclear magnetism. — Oxford: Clarendon Press, 1961]
82. Bloch F. Generalized Theory of Relaxation // Phys. Rev. 1957. V. 105, No 4. P. 1206–1222.
83. Bloch F. Theory of Line Narrowing by Double-Frequency Irradiation // Phys. Rev. 1958. V. 111, No 3. P. 841–853.
84. Anderson W.A. Early NMR experiences and experiments / Encyclopedia of NMR. — Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sohns, 1996. V. 1. P. 168–176.
85. Anderson W., Ernst R. Patent US-A 3475680 (Impulse Resonance Spectrometer Including a Time Averaging Computer and a Fourier Analyser). 1969. (Submitted May 26 1965)
86. Pake G.E. Nuclear resonance absorption in hydrogenated crystals. Fine structure of the proton line // J. Chem. Phys. 1948. V. 16. P. 327–336.
87. Jacobsohn B.A., Wangsness R.K. Shapes of nuclear induction signals // Phys. Rev. 1948. V. 73, No 9. P. 942–946.
88. Владимирский К.В. О колебательных явлениях в парамагнетизме ядер // ДАН СССР. 1947. Т. 58, № 8. С. 1625–1628.
89. Научно-реферативный сборник по некоторым вопросам современной физики по материалам иностранной периодической литературы. Серия вторая. Выпуск VIII. Парамагнетизм ядер и бета-распад /Управление научной информации/. — М.: ИЛ, 1950. С. 5–74.
90. Гвоздовер С.Д., Магазаник А.А. Изучение парамагнетизма атомных ядер методом магнито-спинового резонанса // ЖЭТФ. 1950. Т. 20. С. 705–721.
91. Кессених А.В. «Как у нас в СССР покоряли ЯМР» (развитие аналитических методов ЯМР в СССР и России) // Исследования по истории физики и механики. 2007. — М.: Наука, 2008. С. 148–194.
92. Абрагам А. и Гольдман М. Ядерный магнетизм: порядок и беспорядок (пер. с англ.) — М.: Мир. Т. 1. 1984. 300 с.; Т. 2 . 1984. 360 с. [Abragam A., Goldman M. Nuclear magnetism: order and disorder. — Oxford: Clarendon Press, 1982].
93. Leggett A. J. Microscopic Theory of NMR in an Anisotropic Superfluid (<sup>3</sup>HeA) // Phys. Rev. Lett. 1973. V. 31, Iss. 6. P. 352–355.

Я.И. ГРАНОВСКИЙ  
*Институт физики горных процессов  
Национальной Академии наук Украины, г. Донецк*

## АТОМ ВОДОРОДА (к 100-летию статьи Н.Бора)

### Пролог

100 лет назад, в июле 1913 г., в лондонском журнале *Philosophical Magazine* была опубликована статья «On the Constitution of Atoms and Molecules» д-ра *Н. Бора* из Копенгагена, представленная 5 апреля того же года проф. *Э. Резерфордом*, *F.R.S.*

Эти даты, апрель–июль 1913 г., можно считать началом атомной эры: с них начинается научное понимание строения атома, довольно беспомощное поначалу, но постепенно выросшее в стройную и последовательную теорию.

Атом водорода — самый лёгкий из сотен своих «собратьев». Он и самый простой. Эта простота позволила *Н. Бору* дать набросок теории этого атома, ставший прообразом дальнейших схем. И хотя сам набросок, как и его развитие, привели к невероятно сумбурной (с современной точки зрения) модели, тем не менее, эти попытки привели, как часто бывает, к правильным идеям и, в конце концов, — к правильной теории, квантовой механике.

Столетие статьи *Н. Бора* отмечается как начало пути к этой теории, а также к её дальнейшему развитию — квантовой теории поля и теории элементарных частиц.

### 1. Биография атома

**Предыстория.** Атомос («неделимый») введен в науку *Демокритом*, учеником *Левкиппа*, около 400 лет до н.э. как наименьшее зернышко материи. Все её свойства определяются атомами — эта грандиозная идея воплощена в поэме *Лукреция* «О природе вещей» (II век н.э.), в которой автор

предвосхитил даже *Г. Менделя*, приписав атомам репродуктивные свойства гена. Атом — самое древнее научное понятие, сохранившее свой первоначальный смысл до наших дней. Современники атома — «стихии», «сферы», «эссенции» исчезли, а атом действует.

Исследуя состав воды, *Лавуазье* выделил газ, который он назвал Hydrogen (водород, по-русски). Спустя почти 2 века были открыты его изотопы: в конце 1931 г. Юри с сотрудниками обнаружил тяжелый водород с атомной массой 2 (дейтерий), а спустя четыре года был обнаружен еще более тяжелый изотоп (тритий).

Но как устроен этот простейший атом — атом водорода? Открытие электролиза показало, что атомы имеют электрическую природу — они могут стать заряженными, т.е. ионами. Однако до конца XIX века все модели атома были чисто умозрительными, и лишь когда *Э. Резерфорд* начал систематическую бомбардировку атомов  $\alpha$ -частицами, вопрос был поставлен на прочную экспериментальную основу. И это не замедлило сказаться — было открыто атомное ядро.

### Планетарная модель (*Э. Резерфорд*, 1911)

Модель атома, предложенная Резерфордом в 1911 г., была уже не умозрительным образом, а обоснованным экспериментальным фактом. Анализируя опыты своих учеников *Гейгера* и *Марсдена*, изучавших рассеяние  $\alpha$ -частиц на золотых пластинках, Резерфорд установил, что вероятность (сечение) рассеяния согласуется с формулой<sup>1</sup>

$$d\sigma/d\Omega = \left[ Ze^2/2E \sin^2 \theta/2 \right]^2,$$

которую он вывел, пользуясь классической механикой. Атом представлен в этой статье в виде миниатюрной Солнечной системы с центральным телом (ядром) и облаком электронов, обращающихся вокруг него.

Таким образом, к началу 2-й декады XX века физика уже располагала обоснованной моделью атома. Необходимо было переходить к анализу его внутреннего устройства.

---

<sup>1</sup> Эта формула справедлива и при квантовом рассмотрении рассеяния частицы точечным ядром. В ней  $E$  — энергия  $\alpha$ -частицы,  $Ze$  — её заряд,  $Ze$  — заряд ядра.

### Стационарность (Н. Бор, 1913)

Приступая к работе над теорией атома водорода, Бор понимал, что в привычную схему ньютоновской механики необходимо внести новые идеи типа тех, которые развивал М. Планк.

Бор полагает энергию атома равной  $|E| = nh\omega/2$  ( $n$  — главное квантовое число,  $h$  — постоянная Планка,  $\omega$  — частота обращения электрона вокруг ядра; множитель  $1/2$  отличает эту формулу от аналогичной формулы Планка для осциллятора). Поскольку  $E = -e^2/2a$ , то скорость  $V$  равна  $a\omega = e^2/n\hbar$ , а радиус  $a = n^2\hbar^2/me^2$ . Энергия выражается как  $E = -\mathcal{R}y/n^2$ , а постоянная Ридберга  $\mathcal{R}y$  получается равной  $me^4/2\hbar^2$ . Здесь  $\hbar = h/2\pi$  — постоянная Планка, введенная Дираком.

Излучение света, как и у Планка, происходит при переходах между стационарными состояниями:  $E_p - E_q = h\nu$ . Этой формуле посвящен разд. 4. Она выражает комбинационный принцип Ритца, так как из неё следует  $h\nu = \mathcal{R}y(q^{-2} - p^{-2})$ .

Идея стационарных состояний, противоречащая классической электродинамике, была холодно встречена современниками, но совпадение теоретически найденной постоянной Ридберга с её экспериментальным значением произвело неизгладимое впечатление.

### Квантование (А. Зоммерфельд, 1916)

Изоцрѐнному математику А. Зоммерфельду совершенно не импонировали грубые оценки Бора, и он использовал общие правила квантования — целочисленность адиабатических инвариантов  $\oint pdq = nh$ . Применяв их к эллиптическим орбитам, он получил всё ту же формулу  $E = -\mathcal{R}y/n^2$ , но теперь главное квантовое число было равно сумме двух, тоже целых, чисел. Этим объяснялось «вырождение» энергетических уровней, аналогичное классической независимости энергии от эксцентриситета.

Ещё больший успех имел метод инвариантов в релятивистской теории. Подставив в интеграл  $\oint p_r dr = n_r h$  выражение для радиальной части импульса, Зоммерфельд вычислил контурный интеграл методом вычетов:  $ie^2/V - \hbar\gamma = n_r \hbar$  (здесь  $\gamma = \sqrt{(L/\hbar)^2 - \alpha^2} = \sqrt{n_\phi^2 - \alpha^2}$ ). Отсюда находится скорость

$V = ie^2/\hbar(n_r + \gamma)$  и энергия  $E = mc^2[1 + \alpha^2(n_r + \gamma)^{-2}]^{-1/2}$ . Зоммерфельд ввёл безразмерную величину  $\alpha = e^2/\hbar c$  — «постоянную тонкой структуры».

Уточненная энергия зависит не только от суммы  $n = n_r + n_\phi$ , но и отдельно от углового момента  $n_\phi$  — снимается вырождение уровней. Возникающая структура уровней приводит к расщеплению линий водородного спектра, известному из опытов А. Майкельсона (1891).

**Матрицы** (В. Гейзенберг, 1925; П. Дирак, 1925; В. Паули, 1926)

В июне 1925 г. 24-летний Гейзенберг, гонимый аллергией, уединился на острове Гельголанд (вблизи устья Эльбы) и сосредоточился на проблемах квантовой теории. Он хотел исключить из теории орбиты электронов, но чем их заменить — не знал.

И тут у него возникла идея — вместо «ненаблюдаемой» классической траектории  $X(t)$  использовать её фурье-компоненты  $A_n = \int X(t) \exp(itv_n) dt$ , которые отвечают за излучение. А так как в квантовой теории излучаются частоты перехода, то нумеровать компоненты надо двумя индексами:  $X(t) = \sum_{m,n} A_{mn} \exp(itv_{mn})$ .

Это была счастливая мысль, но тут же возникла и коллизия: как писать произведения  $X(t)Y(t) = \sum_{nm, m'n'} A_{mn} B_{m'n'} \exp(itv_{mn} + itv_{m'n'})$ ? Частоты просто складываются  $v_{mn} + v_{m'n'} = v_{mn} \delta_{nm'}$ , значит, от амплитуд требуется, чтобы  $\sum_n A_{mn} B_{mn'} = C_{mn'}$ . Но тогда в аналогичном произведении  $Y(t)X(t)$  появится амплитуда, вовсе не равная  $C_{mn'}$ ! Следовательно, произведение зависит от порядка сомножителей, теряется свойство коммутативности, и квантовые амплитуды подчиняются особой алгебре.

К чести Гейзенберга, он не отступил от своей идеи, а возвратившись домой, узнал от своего профессора М. Борна, что такие величины хорошо известны математикам и их свойства детально разработаны. Они называются матрицами.

Статья *Гейзенберга* ушла в редакцию *ZeitSchrift für Physik*, а вслед за нею — подробная, разъясняющая и развивающая статья *М. Борна* и *П. Йордана* (полная «геллертерской мудрости», по *Паули*).

Одновременно в *Proceedings of the Royal Society* публикуется работа *П. Дирака*, совершенно прозрачно освещающая проблему: квантовые  $q$ -числа (по его терминологии) и в самом деле некоммутативны. *Дирак* связал это свойство с дифференцированием, показав, что  $i\hbar dq/dt = Hq - qH$ . Более того, коммутатор совпадает с классической скобкой Пуассона:  $[A, B] = i\hbar\{A, B\}$ . Это сразу поставило всё на место.

Пока «короли» строили<sup>2</sup>, *Паули* применил их идеи к тому единственному объекту, который был уже неплохо обследован, — атому водорода. Понимая, что найти диагональную матрицу энергии ему вряд ли удастся, он использовал выражение энергии через  $\mathbf{L}$  — вектор углового момента и  $\mathbf{A}$  — вектор Лапласа:  $E = -me^4/2(\mathbf{L}^2 + \mathbf{A}^2)$ . Проведя большую вычислительную работу, он, во-первых, уточнил классическую формулу  $E = -me^4/2(\mathbf{L}^2 + \mathbf{A}^2 + \hbar^2)$  и, во-вторых, нашёл, что  $\mathbf{L}^2 + \mathbf{A}^2 = 4j(j+1)\hbar^2$ , где  $j = 0, 1/2, 1, 3/2, \dots$  — квантовое число момента. Поскольку  $4j(j+1) + 1 = (2j+1)^2$ , то для энергии получается формула Бора  $E = -me^4/2n^2\hbar^2$  (с целым  $n = 2j + 1$ ).

Матричная механика выдержала проверку. Статья *Паули* поступила в редакцию 17 января 1926 г., хотя решение было им найдено ещё в октябре 1925 г. Почему он тянул с отправкой почти три месяца — неизвестно...

### Волны (Э. Шредингер, 1926)

Через 10 дней после *Паули* другой журнал — *Annalen der Physik* — получил статью *Э. Шредингера* «Квантование как проблема собственных значений», первую из серии 4-х работ. В ней было приведено волновое уравнение  $[-\hbar^2 \Delta/2m + U(r)]\Psi = E\Psi$ , положившее начало бурному развитию новой механики.

Автор получил это уравнение, развивая идеи *Л. де Бройля* о волновых свойствах массивных частиц, однако первоначальный релятивистский вариант не оправдал надежд, и это заметно затянуло публикацию.

<sup>2</sup> Известная цитата: «Когда короли строят, извозчикам много работы».



Соревнование с матричной механикой не состоялось — *Шредингер* показал, что она эквивалентна волновому варианту. Более того, он указал физический смысл матричных элементов, предъявив формулу  $A_{mn} = \int \Psi_m^* \hat{A} \Psi_n dV$ , и одновременно объяснил, что основное правило  $pq - qp = -i\hbar$  удовлетворяется выбором  $p = -i\hbar\partial/\partial q$ . Флёр тайны с матриц был снят...

Волновые решения действительно возникают при  $E > 0$ : так, при  $U = 0$  получается  $\Psi = a \exp(i\mathbf{k}\mathbf{r})$ , но в задаче об атоме водорода волновая функция имеет отнюдь не волновой вид: простейшее решение — это  $\exp(-r/a)$ . Энергия этого (основного) состояния равна  $E_1 = -e^2/2a$ , а возбуждённые уровни имеют  $E_n/E_1 = 1/n^2$  в полном соответствии с теорией Бора.

Сверх того, *Шредингер* прямым вычислением показал, что в стационарном состоянии излучения нет, так как напряженность электрического поля равна нулю!<sup>3</sup> Этого, конечно, можно было ожидать, так как в стационарном состоянии энергия задана, но убедительность прямого расчёта многого стоит.

Можно привести другие примеры успехов, достигнутых волновой теорией, но один крайне важен: это обобщение на многоэлектронную задачу, которое не было достигнуто в матричном подходе.

### Спин (Дж. Уленбек, С. Гаудсмит, 1926)

Тем временем развивалась параллельная история — речь идёт о спине.

Всё началось с того, что *Паули* обратил внимание на длины периодов Системы *Менделеева* — они равнялись  $2n^2$ , где  $n = 1, 2, 3, 4$ . Это удивительно походило на «ёмкость» водородных уровней (степень их вырождения), но откуда множитель 2? *Паули* выдвигает идею «неклассической двузначности», вводит четвёртое квантовое число и объявляет «exclusion principle»: в атоме невозможны состояния, в которых два электрона имеют одинаковые четыре квантовых числа (принцип запрета *Паули*, за который он получил Нобелевскую премию).

<sup>3</sup> Матричный элемент векторного потенциала  $\mathbf{A} \propto \langle n|\mathbf{V}|n \rangle$  пропорционален скорости электрона и не зависит от времени, так что  $\mathbf{E} = \dot{\mathbf{A}} = 0$ .

Когда *С. Гаудсмит* (специалист в спектроскопии) рассказал об этом *Дж. Уленбеку*, тот наивно заявил, что четвёртое число относится к вращательной степени свободы (три поступательные нашли своё выражение в квантовых числах  $n, l, m$ ). Двухзначность же означает, что момент вращения равен  $\hbar/2$ , так как у него только две возможные проекции. Эту незамысловатую идею они изложили в статье, которую их шеф *П. Эренфест* без их ведома отправил 17 октября 1925 г. в *Naturwissenschaften* (удивленным авторам он сказал: «Ну и что, если даже это глупость? Вы достаточно молоды, чтобы позволить себе это»). Статья вызвала резкую отповедь *Паули* — из-за её «классичности». <sup>4</sup> [Добавим в скобках, что в действительности природа спина неясна до сих пор, так что ни о какой классичности нет и речи, но «королям» всё позволено!]

Тем не менее, два автора продолжили работу: они сложили орбитальный и спиновый моменты  $\mathbf{J} = \mathbf{L} + \mathbf{S}$  и построили новую систему уровней водорода:  $1S_{1/2}, 2S_{1/2}, 2P_{1/2}, 2P_{3/2}; 3S_{1/2} \dots$ , попутно объяснив дублетную структуру как вырождение по  $j$ . <sup>5</sup> Эту статью они отправили 20 февраля 1926 г. в *Nature* уже самостоятельно.

Оставался ещё один вопрос: гиромагнитное отношение для спина равно  $e/mc$  было вдвое больше обычного  $e/2mc$ . Из-за этого магнитная поправка к энергии получалась вдвое большей, чем необходимо. К счастью, *Л. Томас* обратил внимание на то, что при расчёте никто не считался с тем, что электрон движется с ускорением! Учитывая этот очевидный факт, он получил «поправку Томаса», коэффициент  $1/2$ , так необходимую для последовательной теории.

Этого удара *Паули* не выдержал — 13 марта 1926 г. в письме *Гаудсмиту* он написал: «I was wrong» и тут же построил квантовую теорию спина, введя знаменитые матрицы  $\sigma$ .

Но настоящая теория спина только начиналась. И построил её *П. Дирак*.

---

<sup>4</sup> За несколько месяцев до этого он точно так же отбросил аналогичную идею *Р. Кронига*, у которого не было столь авторитетного шефа как *Эренфест*.

<sup>5</sup> Это вырождение было снято *В. Лэмбом* только 20 лет спустя!

## Релятивизм (П. Дирак, 1928)

Цепочка рассуждений, которая привела Дирака к его волновому уравнению, может быть изложена так:

(А) сохранение вероятности  $\int |\Psi|^2 dV = 1$  требует, чтобы уравнение для  $\Psi$  было первого порядка:

$$i\partial\Psi/\partial t = (-i\alpha\nabla + \beta m)\Psi;^6$$

(Б) коэффициенты этого уравнения  $\alpha$ ,  $\beta$ , будучи  $q$ -числами, не зависят от координат  $\mathbf{r}$ ,  $t$ ;

(В) волновая функция зависит не только от  $\mathbf{r}$ ,  $t$ , но и от переменных, на которые действуют  $\alpha$  и  $\beta$ .

Дальнейшая (уже техническая) разработка даёт:

(1) формулы коммутации  $\alpha_a\alpha_b + \alpha_b\alpha_a = 2\delta_{ab}$  (аналогичные матрицам Паули) и релятивистское соотношение  $p^2 + m^2 = E^2$ ;

(2) три матрицы  $\alpha$  образуют вектор, так что  $[J_a, \alpha_b] = i\hbar e_{abc}\alpha_c$ . Но тогда необходимо ввести  $\mathbf{J} = \mathbf{L} + \mathbf{S}$  и положить  $S_a = i\hbar e_{abc}\alpha_b\alpha_c/4$ . Это не что иное, как вектор спинового момента, причем  $\mathbf{S}^2 = s(s+1)\hbar^2$ ,  $S_z = \pm s\hbar/2$  и  $s = 1/2$ ;

(3) включение магнитного поля  $[\alpha(\mathbf{p} + e\mathbf{A}) + \beta m]\Psi = E\Psi$  приводит (в нерелятивистском приближении) к появлению  $\mu\mathbf{H}$  — энергии магнитного момента  $\mu = (e\hbar/2mc)\boldsymbol{\sigma}$  в магнитном поле.

Таким образом, релятивистская динамика автоматически содержит спин и магнитный момент электрона! Воспроизводится и поправка Томаса, и уровни атома водорода, которые полностью согласуются с результатами Зоммерфельда 10-летней давности...

Стоит ли говорить о реакции современников на этот подвиг? Конечно, не стоит...

**Симметрии** (Подольский и Полинг, 1929; Хиллерас, 1931; Фок, 1935; Румер, 1970)

Уравнением Дирака фактически завершилась героическая эпоха атома водорода и началось рутинное освоение достигнутого: была развита теория многоэлектронных атомов и молекул, возникла квантовая химия (которая

---

<sup>6</sup> Поэтому он не считал уравнение 2-го порядка Клейна–Гордона правильным.

заимствовала основные методы у квантовой механики), строится теория магнетизма и т.д.

Что же касается собственно атома водорода, то хотя внимание к нему и ослабло, но возникло новое направление — исследование его симметрии.

Эта работа велась в течение шести лет (подробнее см. разд. 2) и завершилась статьёй *В.А. Фока*. Он доказал, что волновая функция удовлетворяет 4-мерному уравнению Лапласа. Тем самым была установлена повышенная симметрия этого атома — группа  $O(4)$ . Заслуга *Фока* в том, что он указал не только алгебру симметрии — она была известна *Паули* ещё 10 лет назад, — но и группу преобразований, которые реализуют симметрию.

Фактически симметрия водорода превосходит  $O(4)$ , но для этого надо расширить понятие симметрии, включив в него операторы, не коммутирующие с гамильтонианом. Учитывая конформность, приходим к группе  $O(4,2)$ . Этот вывод аналогичен результату *Бейтмана* и *Кэннингема*, анализировавших 4-мерное уравнение *Даламбера*.

**Лэмбовский сдвиг** (*У. Лэмб*, 1947; *Г. Бете*, 1948; *Р. Фейнман*, 1949; *В. Вайскопф*, 1949)

Спектроскописты 30-х годов XX века, изучавшие тонкую структуру атома водорода, заметили, что головная линия серии *Бальмера*<sup>7</sup>  $H_\alpha$  не симметрична относительно максимума — её низкочастотное «крыло» шире. Единодушного мнения по этому поводу всё же не было, так как ширина линии зависит от многих причин (например, эффект *Доплера*).

Только в 1947 г. этот эффект был разъяснён: *У. Лэмб* с помощью магнитного поля «раздвинул» уровни  $2S_{1/2}$  и  $2P_{1/2}$  и осуществил переход между ними. Когда он устремил магнитное поле к нулю, то оказалось, что разница энергий не исчезает, причем  $S$ -уровень лежит выше  $P$ -уровня. Именно поэтому левое крыло линии  $H_\alpha$  шире — туда смещается переход  $3P_{3/2} \rightarrow 2S_{1/2}$ , тогда как  $3D_{3/2} \rightarrow 2P_{1/2}$  остаётся на месте! Смещение уровня  $2S_{1/2}$  относительно

---

<sup>7</sup> Ей соответствует переход  $(3P_{3/2} + 3D_{3/2}) \rightarrow (2S_{1/2} + 2P_{1/2})$ . Фактически он состоит из нескольких линий, но головная — самая интенсивная.

$2P_{1/2}$  было названо лэмбовским сдвигом, в настоящее время его величина принята равной 1058 МГц.<sup>8</sup>

После анализа всевозможных эффектов, не учтенных в теории *Дирака* (поляризация вакуума, размеры протона, разные гипотетические взаимодействия), было установлено, что причиной сдвига является взаимодействие электрона с собственным электромагнитным полем. Это явление, впервые рассмотренное ещё *Лоренцем* в XIX веке, обычно исключалось, так как вычисления приводили к бессмысленным (бесконечным) выражениям. Но в 40-х годах XX века *Крамерс* указал, что хотя энергии свободного и связанного электрона бесконечны, но могут отличаться на конечную величину.

Так оно и оказалось, когда теоретикам *Швингеру*, *Фейнману* и *Томонаге* удалось построить строгую теорию перенормировок массы и заряда.

Вычисления этих тонких эффектов слишком сложны, чтобы быть изложены здесь. Их главный результат — формула сдвига — достаточно проста, приведём её главный член  $\Delta E_{2S} = LZ[\ln(Z\alpha)^{-2} - \ln k_0 + 5/6 - 1/5]$  для  $2S_{1/2}$ -уровня водородоподобного атома с зарядом  $Ze$ . Величина  $\ln k_0$ , так называемый логарифм *Бете*, введенный и вычисленный им в нерелятивистском приближении, равен примерно 2,811,  $5/6$  — это релятивистская поправка к нему,  $1/5$  — вклад поляризации вакуума. Множитель  $L = m\alpha^5/6\hbar$  носит имя *Лэмба*, он равен 1083 МГц.

Многие теоретики соревнуются в вычислении дальнейших поправок к приведенной величине, стремясь найти наилучшее согласие с экспериментом, достигающее уже сейчас устрашающей точности на уровне  $10^{-10}$ .

## Заключение

Неизвестно, принесёт ли нам будущее какие-то новые свойства «неисчерпаемого» (*Ленин*) атома водорода, однако уже сегодня можно назвать несколько атомов, которые заслужили право иметь своих биографов, хотя их история, быть может, не столь богата и захватывающа, как та, которая изложена выше.

---

<sup>8</sup> Точное значение 1057845(3) кГц.

Атом гелия He был первым, в котором была открыта обменная энергия, причина валентной связи.

Атом натрия Na — его желтая линия это наиболее известный релятивистский дублет.

Атом гафния Hf доказал правильность боровской интерпретации периодов Системы Менделеева — перед ним закончилось 14-членное семейство редких земель.

Атом золота Au обязан своим чарующим цветом релятивистским поправкам к энергии, тогда как серебро Ag, как и другие металлы, бесцветно (т.е. белое). Возможно, что и мягкость золота по сравнению с серебром имеет ту же природу.

И, наконец, гипотетический атом с  $Z = 137$  реализует замечательное предсказание о появлении в его окрестностях заряженного вакуума!!

## 2. История одной волновой функции (научный детектив)

Далеко не каждое научное положение становится достоянием широкой общественности...

В этом отношении физике «повезло», пожалуй, больше других наук: такие формулы, как  $F = ma$ ,  $\varepsilon = h\nu$ ,  $E = mc^2$ , (должны быть) известны каждому школьнику.

Если говорить о волновых функциях, зависящих от импульса,  $\Psi(\mathbf{p})$ , то простейшая из них — плоская волна  $\exp(i\mathbf{p}\mathbf{r}/\hbar)$  — описывает свободную частицу и широко используется в квантовой электродинамике. Этот выбор связан с законом сохранения импульса.

Мы же будем говорить о более сложной конструкции — волновой функции атома водорода, которая имеет богатую историю. Сначала предыстория: всегда полезно перед квантовым рассмотрением обсудить задачу в её классической постановке.

**1847 г. — У.Р. Гамильтон (1805–1865)**

По-видимому, именно У. Гамильтон первым заинтересовался поведением скорости планеты (а не её координаты, хорошо известной к тому времени).

Учитывая, что движение плоское, он перешёл от времени к углу и, записав закон Ньютона в виде  $d\mathbf{p}/d\varphi = -\alpha n\mathbf{n}/L$ ,

проинтегрировал его:  $\mathbf{p}(\varphi) + Q\mathbf{v}(\varphi) = \mathbf{B} = \text{const}$ <sup>9</sup>. Единичный вектор  $\mathbf{v}(\varphi) = \int \mathbf{n}(\varphi)d\varphi = (\sin \varphi, -\cos \varphi)$  при изменении угла только поворачивается, поэтому конец вектора импульса  $\mathbf{p}(\varphi)$  движется по кругу (по годографу, если воспользоваться термином *Гамильтона*).

Фактически *Гамильтон* переоткрыл вектор *Лапласа*  $\mathbf{A} = \mathbf{L} \times \mathbf{B}$ , найденный почти на 50 лет раньше. Как известно, вектор *Лапласа* непосредственно приводит к уравнению траектории, так что вывод *Гамильтона* — простейшее доказательство её эллиптичности.

Существование двух сохраняющихся векторов  $\mathbf{L}$  и  $\mathbf{A}$  означает, что в задаче о движении в поле ньютоновской силы ( $F = \alpha/r^2$ ) имеется повышенная симметрия, однако в те времена теория групп *С. Ли* ещё не была создана...

#### 1926 г. — *В. Паули* (1900–1958)

Более 75 лет спустя *В. Паули* рассмотрел проблему атома водорода в рамках матричной механики, существенно используя в этой работе свойства векторов  $\mathbf{L}$  и  $\mathbf{A}$  (см. разд. 1). Отметим, что *В. Паули* вовсе не думал о симметрии атома, хотя имел к этому все возможности, включая соответствующие математические знания.

#### 1929 г. — *Б. Подольский* (1896–1966) и *Л. Полинг* (1901–1994)

Эти два молодых в ту пору ученых из калифорнийских вузов (UCLA и Caltech) заметили, что импульсная волновая функция  $\Psi(\mathbf{p})$  проще, чем хорошо известная  $\Psi(\mathbf{r})$ . В поисках предшественников они обратились к литературе и обнаружили статью *Г. Вейля*, в которой он утверждал, что  $\Psi(\mathbf{p})$  была им найдена в диссертации 1908 г. Однако соавторы не нашли в ней обещанного выражения (о чём сообщили в сноске) и были вынуждены самостоятельно провести достаточно длинный, хотя и несложный расчёт. Ответ сполна вознаградил их за труды — радиальная часть волновой функции оказалась пропорциональной полиному *Гегенбауэра*:

---

<sup>9</sup>  $\mathbf{n} = (\cos \varphi, \sin \varphi)$  — орт радиус-вектора,  $Q = \alpha m |\mathbf{L}|^{-1}$ .

$$\Psi(p) \propto \frac{p'}{(p^2 + k^2)^{l+2}} C_{n-l-1}^{l+1} \left( \frac{p^2 - k^2}{p^2 + k^2} \right), \quad k = \sqrt{-2mE}.$$

1932 г. — Э. Хиллераас (1898–1965)

Ещё через 3 года ровесник *Подольского* и *Полинга* норвежский физик *Хиллераас* предпринял увенчавшуюся успехом попытку<sup>10</sup> найти дифференциальное уравнение для  $\Psi(\mathbf{p})$  и решить его. Следует при этом иметь в виду, что преобразование *Фурье* приводит уравнение *Шредингера* к интегральному виду — это проделал всё тот же *Вейль*, но решить интегральное уравнение он не сумел, эта честь досталась *В.А. Фоку*.

Уравнение, полученное *Хиллераасом*, выглядит довольно сложно:

$$\left[ \frac{\partial^2}{\partial p_a^2} (p^2 + k^2) + 2 \left( 1 - \frac{\partial}{\partial p_a} p_a \right) \right] (p^2 + k^2) \Psi(\mathbf{p}) = - \left( \frac{2me^2}{\hbar} \right)^2 \Psi(\mathbf{p}),$$

но *Хиллераас* показал, что оно имеет решение, совпадающее с формулой *Подольского–Полинга*. Вводя вместо импульса угол<sup>11</sup>  $p = k \tan(\omega/2)$ , получим

$$\left( \frac{\partial^2}{\partial \omega^2} + 2 \cot \omega \frac{\partial}{\partial \omega} - \mu \right) X(\omega) = 0, \quad X(\mathbf{p}) = \frac{\Psi(p)}{\cos^2(\omega/2)}$$

с решением  $X(\omega) = \sin(n\omega)/\sin \omega$ , где  $n = \sqrt{1 - \mu} = me^2/\hbar k$ . Однозначность решения требует, чтобы  $n$  было целым, а так как  $n = e^2/V$ , то мы снова получаем формулу *Бора* для энергии.

Что же касается самой волновой функции, то она является известным полиномом *Чебышева*. частным случаем полинома *Гегенбауэра*  $X(\omega) = C_{n-1}^1(\cos \omega)$ . Учитывая связь между  $X(p)$  и  $\Psi(p)$ , получаем формулу *Подольского–Полинга*.

<sup>10</sup> Он попросту заменил  $r_k$  на  $i\hbar\partial/\partial p_k$ .

<sup>11</sup> Эта замена приобрела особый смысл после работы *В. Фока* (см. ниже).



Уравнение *Хиллерааса* можно записать в более элегантном виде

$$\Delta_{LB} X(\mathbf{p}) = \mu X(\mathbf{p})$$

с помощью оператора *Лапласа–Бельтрами*  $\frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial p_a} \sqrt{g} g^{ab} \frac{\partial}{\partial p_a}$ ,

в котором метрический тензор равен  $g^{ab} = \delta_{ab} \left( \frac{p^2 + k^2}{2k} \right)^2$ . Это оз-

начает, что импульсное пространство обладает кривизной. Вывод о кривизне следует также из анализа траекторий — они оказываются геодезическими линиями этого искривленного пространства (пространства *Лобачевского* при  $E > 0$ ).

**1935 г.** — *В.А. Фока* (1898–1974)

Интерес *Фока* (ровесника упомянутых выше учёных) к атому водорода связан с его работами по теории многоэлектронных атомов (метод *Хартри–Фока*). В интегральном уравнении Вейля

$$\frac{p^2 + k^2}{2m} \Psi(\mathbf{p}) = \frac{e^2}{2\pi^2 \hbar^2} \int \frac{\Psi(\mathbf{q}) d\mathbf{q}}{(\mathbf{p} - \mathbf{q})^2}$$

он перешёл от модуля импульса к углу  $q = k \tan(\omega/2)$  (см. выше). Это «невинное» преобразование<sup>12</sup> переводит вектор импульса в точку на поверхности 4-мерного шара с угловыми координатами  $\omega$ ,  $\theta$ ,  $\varphi$  и радиусом 1. 4-мерные координаты этой точки  $|\boldsymbol{\xi}| = \sin \omega$ ,  $\xi_0 = \cos \xi$ . После пересчёта получается уравнение

$$X(\xi) = (\lambda/2\pi^2) \int X(\xi') (\xi - \xi')^{-2} d^4\Omega,$$

в котором  $\lambda = e^2/V$  и  $X = (p^2 + k^2)^2 \Psi$ .  $X(\xi)$  — гармоническая функция, она подчиняется 4-мерному уравнению *Лапласа*, поскольку  $\Delta_4(\xi - \xi')^{-2} = 0$ . Разлагая знаменатель в ряд по полиномам *Гегенбауэра*

$$(1 + t^2 - 2tz)^{-1} = \sum_0^{\infty} C_n^1(z) t^n,$$

<sup>12</sup> Хорошо известная математикам «стереографическая проекция» плоскости на сферу.

отделив углы и воспользовавшись ортогональностью полиномов, придём к результату *Подольского–Полинга–Хиллерааса*:  $X(\xi) \propto C_N^v(\cos \omega)$ .

### 2012 г. — Заключение

Безусловно, работа *Фока* ставит точку в этом вопросе. В ней не только решена проблема отыскания необычной функции, но предложен оригинальный метод, показана скрытая симметрия задачи и т.д. Указав на 4-гармоничность, *Фок* мог бы вспомнить старую работу *Бейтмена–Кэннингхема* о конформной инвариантности волнового уравнения и указать на группу  $O(4,2)$  — симметрию водорода, найденную много лет позже.

Группа  $O(4,2)$  имеет 15 генераторов, группирующихся в пять 3-мерных векторов. Два из них —  $\mathbf{L}$  и  $\mathbf{A}$  — коммутируют с гамильтонианом (оператором которого служит  $L_{56}$ ). Операторы  $L_{45}$  и  $L_{46}$  найдены *Ю. Румером*<sup>13</sup>, они переводят атом на «соседний» уровень вверх или вниз, не меняя углового момента. Аналогичную роль играют два вектора  $L_{a5}$  и  $L_{a6}$  с той лишь разницей, что они, сверх того, изменяют проекцию углового момента.

Второе «дыхание»  $\Psi(p)$  обрела много лет спустя, когда румынский физик *М. Гаврила* с её помощью сумел «свернуть» (выразить в замкнутом виде) старую дисперсионную формулу *Крамерса–Гейзенберга*. Его результат вызвал поток работ в этом направлении, но мы ограничимся только упоминанием о них.

### Упущенные возможности

С позиций сегодняшнего дня «терзания», описанные выше, выглядят странно: ведь наличие двух сохраняющихся «орбитальных» моментов непосредственно свидетельствует о 4-мерности задачи — достаточно представить их в виде  $\xi_a \xi_b - \xi_b \xi_a$ , где индексы  $a$  и  $b$  пробегают значения от 1 до 4. Три первые координаты очевидны — это  $x, y, z$ , а смысл четвёртой неизвестен (и по сию пору). Ортогональные полиномы 4-мерного пространства тоже известны — это полиномы *Гегенбауэ*

<sup>13</sup> Три оператора  $L_{45}, L_{46}, L_{56}$  образуют подгруппу  $O(2,1)$ .

ра, аналогичные полиномам *Лежандра* в 3-пространстве. По существу, этим исчерпываются все достижения (волновая функция и энергия) теории атома водорода...

Следовало бы ещё упомянуть о двух работах: *Э. Шредингера* и *Ю. Румера*. Оба они вышли за рамки операторов, коммутирующих с гамильтонианом, и нашли операторы движения по спектру. Эти операторы действуют в дискретном спектре, и им нет аналога в классической теории (см. выше).

**P. S.**

Что касается детективного начала, то любая настоящая научная работа — это такой же поиск, как и в сыске: множество неизвестных, разнообразные «подводные камни», ложные версии и большая вероятность ошибки.

### 3. Правильная неправильная формула

В 1815 г. немецкий физик-оптик *И. Фраунгофер* обнаружил на фоне сплошного спектра Солнца, впервые наблюдавшегося *И. Ньютоном* (1666 г.), четыре узкие черные линии, позже названные фраунгоферовыми. Он обозначил их буквами  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$ ,  $H_\delta$  от слова *Helios* (Солнце). Вскоре было установлено происхождение этих линий: они возникали в результате поглощения во внешних слоях нашего светила — во время затмений, когда корона была закрыта, они вспыхивали, становились линиями излучения. По мере развития спектрального анализа выяснилось, что это линии поглощения водорода, основного элемента, из которого состоит Солнце. Менять названия не пришлось — водород тоже начинается на букву H (*Hydrogen*).

Дальнейшее развитие событий заняло более века! Любопытно проследить за их хронологией:

**1885 г.** — *И.Я.Бальмер* (Швейцария)<sup>14</sup> нашёл формулу для длин волн этих 4-х линий:  $\lambda = kn^2/(n^2 - 4)$ , где  $n = 1, 2, 3, 4$ , а  $k = 365,4$  нм.

**1887–91 гг.** — *А.А. Майкельсон* (США) «расщепил»  $H_\alpha$ , головную линию серии Бальмера, на узкий дублет<sup>15</sup>.

---

<sup>14</sup> Его часто называют школьным учителем, хотя в это время он преподавал в Базельском университете.

<sup>15</sup> В действительности  $H_\alpha$  состоит из пяти линий разной интенсивности.

1890 г. — *И. Ридберг* (Швеция) «перевернул» формулу *Бальмера*, записав её через частоту:  $\nu = \mathfrak{R}y(1/4 - 1/n^2)$ ,  $\mathfrak{R}y = c \cdot 109737 \text{ см}^{-1}$ .

1906 г. — *Т. Лайман* (США) и *Ф. Пашен* (Германия) нашли новые серии в спектре водорода.

1908 г. — *В. Ритц* (Швейцария) увидел в формуле Ридберга принцип «комбинирования термов».

1913 г. — *Н. Бор* (Дания) заменил «термы» «стационарными состояниями» и дал набросок теории атома водорода.

1916 г. — *А. Зоммерфельд* (Германия), исходя из релятивистской поправки к кинетической энергии, вывел формулу тонкой структуры  $\Delta E_n = \mathfrak{R}y\alpha^2 n^{-3} [3/4n - 1/k]$ . Вырожденный уровень расщепляется на  $n$  подуровней, которые различаются квантовым числом орбитального момента (принимает  $n$  значений:  $k = 1, 2, \dots, n$ ).

1926 г. — *В. Гейзенберг* и *П. Йордан* включают в расчёт спин-орбитальное взаимодействие и приводят формулу Зоммерфельда к виду

$$\Delta E_n = \mathfrak{R}y\alpha^2 n^{-3} [3/4n - 1/(j + 1/2)].$$

1928 г. — *П. Дирак* (Англия) подтверждает результат Гейзенберга–Йордана.

1930 г. — *Э. Ферми* (Италия) рассчитал сверхтонкую структуру.

Формула *Зоммерфельда* объясняет дублет *Майкельсона* тем, что второй уровень атома водорода расщепляется на два подуровня, отстоящих один от другого на  $\Delta E_2 = \mathfrak{R}y\alpha^2 2^{-3} (1 - 1/2) = \mathfrak{R}y\alpha^2 / 16 = 0,365 \text{ см}^{-1}$ . Третий уровень тоже расщеплён, но его расщепление  $\Delta E_3 = \mathfrak{R}y\alpha^2 3^{-3} (1/2 - 1/3) = \mathfrak{R}y\alpha^2 / 162 = 0,36 \text{ см}^{-1}$  составляет в 10 раз меньшую величину. В результате получается дублет с расстоянием между компонентами  $0,329 \text{ см}^{-1}$ . Это число хорошо согласуется с измерениями *Майкельсона*.

Открытие спина внесло две поправки в теорию *А. Зоммерфельда*:

- (1) изменилась классификация подуровней — вместо  $2S$  и  $2P$  (4 состояния) их стало вдвое больше:  $2S_{1/2}$ ,  $2P_{1/2}$ ,  $2P_{3/2}$  (8 состояний);

(2) появился дополнительный релятивистский эффект — взаимодействие магнитного момента электрона с электромагнитным полем (спин-орбитальное взаимодействие).

В формуле расщепления квантовое число  $k$  в знаменателе заменилось на  $j + 1/2$ , где  $j$  — квантовое число полного момента. Однако поскольку новый знаменатель принимает всё те же целые значения, то численно ничто не изменилось. Не повлияло на формулу ни создание волновой механики (поскольку обе релятивистские поправки были учтены правильно), ни появление теории *Дирака* (по той же причине). Парадокс?!

Его разгадка заключается в следующем: в классической механике отлична от нуля только одна компонента углового момента, перпендикулярная плоскости орбиты, и, хотя *Зоммерфельд* проквантовал её, но без учёта спина, его ответ не согласуется с экспериментом. Напомним, что спин в 1916 г. не был известен...

В квантовой механике отличны от нуля все три компоненты момента, поскольку орбиты не существует. Их вклад не был учтён, так что совпадение результатов — факт хоть и необычный, но случайный!

Существует ещё один релятивистский эффект того же порядка  $1/c^2$  — это взаимодействие магнитных моментов электрона и протона. Однако ввиду большой массы протона, этот эффект очень мал,  $\Delta\nu \cong 0,05\text{см}^{-1}$ , что позволило назвать его сверхтонкой структурой. Столь малое расщепление позволяет реликтовому излучению Космоса возбуждать переходы между уровнями сверхтонкой структуры с последующим излучением волн длиной 21 см. На этой волне и «шумит» Вселенная...

#### 4. Неправильная правильная формула

Формула  $E_1 - E_2 = h\nu$  — одна из немногих формул, известных всем школьникам. Ещё бы! Она реализует сразу две идеи: (1) идею *М. Планка* о квантах энергии и (2) идею *А. Эйнштейна* о фотонах, квантах электромагнитного поля. Однако автор формулы *Нильс Бор* в фотоны не верил, и только опыт *А. Комптона* вынудил его убедиться в их реальности...

Всю жизнь Бор не верил (или не доверял?) логике *Эйнштейна* — ни в этом частном вопросе, ни в общем отношении к квантовой теории в целом. Глава большой школы, он постоянно противостоял гению-одиночке...

Оставим эмоциональные оценки и вернёмся к формуле. Её левая часть столь же многозначительна, как и правая: она утверждает, что в атоме реализуются не все возможные энергии, а лишь некоторые избранные — те, которые удовлетворяют правилу квантования.

Интенсивность излучения, в соответствии с дисперсионными соотношениями пропорциональна  $[(E_m - E_n - h\nu)^2 + \Gamma^2/4]^{-1}$  и только при малой ширине<sup>16</sup>  $\Gamma \ll h(\nu_{mn} - \nu)$  возникает дискретный спектр. Иначе говоря, спектр атома всё-таки непрерывный, но на его фоне резко выделяются отдельные пики. Частоты, удовлетворяющие неравенству  $\Delta\nu \leq \Gamma/h$ , находятся в резонансе с атомным переходом, но при  $\Delta\nu \geq \Gamma/h$  резонанса нет!

Здесь мы должны, наконец, указать, что формула *Бора* просто неверна — она противоречит закону сохранения импульса!

Действительно, при атомном переходе энергия  $E_1$  распределяется между внутренней энергией  $E_2$ , энергией фотона  $h\nu$  и кинетической энергией атома отдачи  $\varepsilon$ :  $E_1 = E_2 + h\nu + \varepsilon$ . Если атом перед переходом покоился, то после перехода его импульс равен импульсу фотона  $h\nu/c$  и поэтому отдача равна  $\varepsilon = (h\nu)^2/2Mc^2$  — настолько уменьшается энергия фотона. Относительная поправка к частоте излучаемого фотона равна  $\Delta\nu/\nu = h\nu/2Mc^2$ . Для атомных переходов  $\Delta\nu/\nu \ll \Gamma/h\nu$ , так что фотон остаётся в резонансе, и **только это** позволяет пользоваться формулой Бора.

Совершенно иначе обстоит дело в ядерных переходах:  $\gamma$ -кванты имеют энергию 1–5 МэВ, что в  $10^6$  раз больше энергии «атомных» фотонов. Во столько же раз возрастает и поправка  $\Delta\nu/\nu$  и, хотя она остаётся малой,  $2 \cdot 10^{-4}$ , тем не менее, она заметно превышает чрезвычайно узкую ширину ядерной линии — резонанса нет! Вот почему  $\gamma$ -кванты **не** поглощаются тем самым ядром, которое их испусти-

---

<sup>16</sup>  $\Gamma$  называют шириной, а приведенную формулу — лоренцевым контуром линии.

ло! Около полувека попытки наблюдать резонансное поглощение  $\gamma$ -квантов оставались безуспешными...

На этой минорной ноте можно было бы закончить «печальную повесть» о злополучной формуле, так долго водившей учёных за нос. Странно выглядит вся эта история, причина которой — неприкасаемый авторитет её автора...

Добавим только, что резонансное поглощение  $\gamma$ -квантов всё-таки удалось осуществить и притом двумя способами:

- (1) заставив двигаться ядро-излучатель (или ядро-поглотитель), подогревая образец, помещая его в центрифугу, или
- (2) «закрепив» ядро в кристаллической решётке.

### Эпилог

Чему же учат последние 100 лет истории физики?

Во-первых, появлению коллективизма в работе. Кончилась эпоха гениальных одиночек, «быстрых разумом Невтонов» ...

За четверть века мы узнали десятки имён молодых учёных, вложивших массу идей и методов в разработку новой области науки с её необычными законами. Позже та же тенденция проникла в экспериментальную физику, появились гигантские установки и работающие на них коллективы.

Во-вторых, была понята преемственность науки — новое НЕ отрицает старое, а включает его в себя как предельный случай.

Примеры: механика *Ньютона* как предельный случай ( $V/c \rightarrow 0$ ) теории относительности или классическая механика как предел ( $\hbar/S \rightarrow 0$ ) квантовой. Это правило (или принцип) действует без исключений.

В-третьих, появилась и разрослась «радикализация науки»: множество знающих и незнаек плодят разнообразные гипотезы «новой физики».

*Бор* даже изобрёл критерий их ценности: «Достаточно ли сумасшедшая ваша теория, чтобы быть правильной?» Как будто сумасшествие — необходимая черта развития...

Он сам подал пример — 100 лет назад он перечеркнул механику *Ньютона* и электродинамику *Максвелла*, заменив их эклектичной смесью формул, «принципов» и постулатов. Не остановившись на этом, он дважды (в 1921 и 1930 гг.) пытался похоронить закон сохранения энергии. Вряд ли кому-то другому это сошло бы с рук...

## Указатель авторов, статей и терминов<sup>17</sup>

### Пролог

1913 — *Bohr N.* On the Constitutiou of Atoms and Molecules // *Phil.Mag.* **26**, 1–25.

### 1. Биография атома

400 лет д.н.э. — *Демокрит* () — не опубликовано.

II век н.э. — *Лукреций, Тит Каро* О природе вещей. — М.: Мир книги, 2006.

1911 — *Rutherford E.* The scattering of  $\alpha$ - and  $\beta$ -particles and the structure of the atom // *Phil. Mag.* **21**, 669–688.

1913 — *Geiger H., Marsden E.* The laws of deflection of  $\alpha$ -particles // *Phil. Mag.* **25**, 604–623.

1901 — *Plank M.* Uber das gesetz der Energieverteilung // *Ann.Phys.* **4**, 553–563.

1890 — *Rydberg J.* On the structure of the line-spectra // *Phil.Mag.* **29**, 331–337.

1908 — *Ritz V.* Uber ein neues Gesetz der Serienspektren // *Phys.ZS.* **9**, 521–529.

1916 — *Sommerfeld A.* Zur Quantenthory der Spectrallinien // *Ann. Phys.* **51**, 1–94.

1891 — *Майкельсон A.* On the application of interference-methods // *Phil.Mag.* **31**, 338–346.

$\alpha$  — постоянная тонкой структуры,  $\alpha = e^2/\hbar c = 1/137,03599976(50)$   
 $\hbar = h/2\pi = 6,58211889(26) \cdot 10^{-22}$  MeV · s. — постоянная Дирака,  
1925 — *Heisenberg W.* Uber quantenmechanische umdeutung // *ZS.Phys.* **33**, 879–893.

1925 — *Born M., Jordan P.* Zur Quantenmechanik // *ZS.Phys.* **34**, 858–888.

1925 — *Dirac P.* The fundamental Equation of Quantum Mechanics // *Proc.Roy.Soc.* **A109**, 642–653.

1926 — *Pauli W.* Uber das Wasserstoffspectrum // *ZS.Phys.* **36**, 336–363.  
Вектор Лапласа —  $\mathbf{A} = \mathbf{L} \times \mathbf{p} + \alpha m \mathbf{n}$ .

1926 — *Schroedinger E.* Quantisierung als Eigenwertsproblem / *Ann. Phys.* **79**, 361–376.

1924 — *deBroglie L.* A tentative theory of lightquanta // *Phil.Mag.* **47**, 446–458.

1926 — *Ulenbek G., Goudsmit S.* Spinning electrons // *Nature* **117**, 264–265.

---

<sup>17</sup> Приведены, в порядке цитирования, упомянутые в статье авторы и некоторые физические термины. Во избежание повторов даны соответствующие отсылки на другие разделы. Обширный список литературы содержится в кн.: *Джеммер М.* Эволюция понятий квантовой механики. — М.: Наука, 1985.



- 1926 — *Tomas L.* The motion of spinning electrons // *Nature* **117**, 514.
- 1927 — *Pauli W.* Zur Quantenmechanik des magnetischen Electronen // (матрицы  $\sigma$ ) *ZS.Phys.* **43**, 227–233.
- 1928 — *Dirac P.* The Quantum Theory of the Electron // *Proc.Roy.Soc.* **A117**, 610–624.
- 1929 — *Podolski B., Pauling L.* The momentum distribution in hydrogen-like atoms// *Phys.Rev.* **34**, 109–116.
- 1931 — *Hilleraas E.* Die Wellengleichung des Keplerproblems im Impulsraume // *ZS.Phys.* **74**, 216–223.
- 1935 — *Fock W.* Zur Theory des Wasserstoffatoms // *ZS.Phys.* **98**, 145–154.
- 1910 — *Baitman H.* The transformation of the electro-dynamical equations // *Proc. Lond. Math. Soc.* 223–264.
- 1909 — *Cunningham E.* The Principle of Relativity in electro-dynamics // *Proc.Lond. Math.Soc.* 77–98.
- 1947 — *Lamb W.* Fine structure of the H-atom // *Phys.Rev.* **72**, 241.
- 1947 — *Bethe H.* Electromagnetic shift of energy levels // *Phys.Rev.* **72**, 334.
- Томонага С.* (1946), *Швингер Ю.* (1948), *Фейнман Р.* (1949), *Вайскопф В.* (1949) — статьи в сборнике «Новейшее развитие квантовой электродинамики». — М.: ИЛ, 1954.

## 2. История одной волновой функции

- 1847 — *Hamilton W.R.* On the application of the method of quaternions to some dynamical questions// *Proc.Roy. Irish Acad.* **3**, 441–448.
- 1926 — *Паули В.* — см. в разд 1.
- 1929 — *Подольский Б., Полинг Л.* — см. в разд 1.
- 1932 — *Хиллераас Э.* — см. в разд 1.
- 1932 — *Фок В.А.* — см. в разд 1.
- 1970 — *Румер Ю.Б., Дмитриев В.*
- 1967 — *Гаврила М.* Elastic scattering of photons by a hydrogen atom // *Phys.* **163**, 147–155.
- 1922 — *Kramers H., Heisenberg W.* Uber die Streuung von Strahlung durch Atoms // *ZS.Phys.* **31**, 681–707.
- 1940 — *Schroedinger E.* A method of determining quantum-mechanical eigenvalues and eigenfunctions // *Proc.Roy. Irish Acad.* **A46**, 9–16.

## 3. Правильная неправильная формула

- 1814 — *Fraunhofer J.* Bestimmung d. Brechungs verschiedener Glasarten // *Denkschrif.* — München. Acad., B.V.
- 1666 — *Ньютон И.* Оптика (пер. с англ. и примечания С.И. Вавилова, 2-е изд.) — М.: Техтеоргиз., 1954.
- 1885 — *Balmer J.* — см. в разд 1.
- 1891 — *Майкельсон А.* — см. в разд 1.
- 1890 — *Ридберг И.* — см. в разд 1.

- 1908 — *Paschen F.* Zur Kenntnis ultra-roter Linienspektren // Ann.d. Phys. **27**, 537–570.
- 1908 — *Rutц B.* — см. в разд 1.
- 1913 — *Бор Н.* — см. в разд 1.
- 1916 — *Зоммерфельд А.* — см. в разд 1.
- 1926 — *Heisenberg W., Jordan P.* Anwendung der Quantenmechanik auf das Problem der anomalen Zeemaneffekte // ZS. f. Phys. **37**, 263.
- 1928 — *Дирак П.* — см. в разд 1.
- 1930 — *Fermi E.* Über die magnetischen Momente der Atomkerne // ZS.Phys. **60**, 320–333.
- $\mu_{\text{эл}} = 1,0011459652187(4)e\hbar/2m_e c$  — магнитный момент электрона,  
 $\mu_{\text{пр}} = 2,792847337(29)e\hbar/2m_p c$  — магнитный момент протона,  
 $\Delta\nu_{hfs} = 1420405751,7667(9)$  Гц — наиболее точная измеренная физическая величина!

#### 4. Неправильная правильная формула

- 1901 — *Планк М.* — см. в разд 1.
- 1905 — *Einstein A.* Über Erzeugung und Verwandlung des Lichtes // Ann.d.Phys. **17**, 132–148.
- 1922 — *Compton A.* The spectrum of secondary X-rays // Phys.Rev. **19**, 267–268.
- 1924 — *Bohr N., Kramers H., Slater J.* The quantum theory of radiation // Phil.Mag. **47**, 785–802.
- 1958 — *Mossbauer R.* Kernresonanzfluoreszenz von Gammastrahlung in  $^{191}\text{Ir}$  // ZS.Phys. **151**, 124–43.

## II. НЕКОТОРЫЕ ГЛАВЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ИСТОРИИ НАУКИ

---

---

В.П.ВИЗГИН

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

### ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ТОЧНОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ: РОССИЯ, 1920-е годы\*

...Та стадия, которой достигло человеческое мышление в своем развитии, бессознательно для людей проникает во все сферы жизни, и что если между, например, Эйнштейном и Эвклидом связь только генетическая, то, скажем, между тем же Эйнштейном, Роденом и Блоком гораздо более глубокая, хотя и подсознательная связь.

Ю.М. Лотман (из письма сестре  
Л.М. Лотман от 8.II.1944)  
[Лотман 1977. С. 47]

#### Введение

Некоторые научные свершения, в том числе и фундаментальные теории, подобные теории относительности, нередко выходят далеко за пределы своей науки и оказывают воздействие не только на другие родственные науки, но и на философию, науки гуманитарного цикла и даже на художественную культуру. Конечно, история создания и развития теории относительности — это важная глава истории физики. После создания теории относительности она постепенно становится достоянием научного сообщества физиков. Происходит процесс её восприятия, а поскольку сообщество состоит из национальных подсообществ, в каждой стране имеются свои особенности восприятия. Эти особенности становятся ещё более существенными, если мы

---

\* Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 09–08–00246).

выходим за пределы научного сообщества, а это важно и необходимо в тех случаях, когда соответствующие достижения оказывают заметное воздействие на социокультурное окружение, которое, в свою очередь, может так или иначе влиять и на характер восприятия этого достижения внутри научного сообщества.

Теория относительности относится как раз к такого рода свершениям (недаром Эйнштейна сравнивали с Коперником и Ньютоном). Обострённое восприятие этой теории в России было связано не только с выделенной ролью диалектического материализма в стране, но и вообще с революционными социально-экономическими преобразованиями, а также с параллельным мощным взлётом авангардного искусства и литературы. Имело значение и то, что новый строй в России декларировал свою ориентацию на науку.

Оказалось, что теория относительности привлекла внимание философов, филологов, теоретиков литературы и искусства к анализу пространственно-временных аспектов соответствующих сфер культуры, исследованием которых с начала 1920-х годов занимались такие крупные фигуры, как П.А. Флоренский, А.Ф. Лосев, Р.О. Якобсон, М.М. Бахтин, В.Г. Богораз (Тан) и др. В художественной культуре Эйнштейн и Минковский стали знаковыми фигурами, ассоциируемыми с крушением пространственных и временных абсолютов, четырёхмерностью и неевклидовостью пространственно-временных структур, торжеством научной абстракции, новым синтетизмом и т.д. (В.В. Хлебников, В.Я. Брюсов, О.Э. Мандельштам, А.П. Платонов, Е.И. Замятин и др.).

Названные имена относятся к золотому фонду отечественной культуры, к тому же большинство из них попали под идеологический пресс властей, особенно в сталинские годы, и даже погибли. Были расстреляны, умерли в лагерях или при пересылке — о. П. Флоренский, О.Э. Мандельштам, А.И. Введенский, репрессировались, подвергались травле и не печатались в течение многих лет — А.Ф. Лосев, М.М. Бахтин, В.В. Хлебников, А.П. Платонов, Е.И. Замятин и др. В результате их творчество на протяжении десятилетий находилось под запретом. Конечно, увлечение наших героев (т.е. тех деятелей гуманитарной

и художественной культуры, которые так или иначе испытали влияние идей Эйнштейна и теории относительности) этими идеями не было главной причиной их конфликта с властями, но корреляция (прямая) между выборками «релятивистов» (не физиков!) и «репрессированных» деятелей культуры очевидна.

Мы, в основном, рассматриваем вектор взаимосвязи — от теории относительности к культуре — и это соответствует нашей нацеленности на решение проблемы восприятия физического релятивизма в его культурном окружении. Но культурное окружение должно быть подготовлено к этому восприятию и, действительно, некоторые тенденции развития живописи и литературы, связанные с ранним авангардизмом или повышенным интересом к пространственно-временным структурам художественных произведений, стали заметны и до возникновения теории относительности или параллельно с ней (и независимо от неё). В живописи это были, например, импрессионисты, прежде всего Сезанн, и кубисты (Пикассо и другие), а в России — художники объединения «Бубновый валет» (Кандинский, Малевич и др.).

Конечно, и в собранных нами именах и текстах присутствуют встречное движение и та «подсознательная связь, о которой говорил Ю.М. Лотман. Но преобладает «основной вектор»: от теории относительности к гуманитарно-художественной культуре.

## П.А. Флоренский

Заметным явлением в российских релятивистских дискуссиях, выходящих за рамки физики, стали «Мнимости в геометрии» о Павла Флоренского (1922) [*Флоренский 1922*]. П.А. Флоренский имел математическое образование (с 1900 по 1904 гг. он учился на физмате Московского университета). Уже в студенческие годы он пытался соединить аритмологию (учение о прерывности) Н.В. Бугаева с идеями теории множеств Г. Кантора. Тогда же его занимала проблема наглядной геометрической интерпретации комплексных чисел, которую впоследствии он развил в «Мнимостях». Не вдаваясь в детали этой интерпретации,

подчеркнём её основную идею: «Новая интерпретация мнимостей заключается в открытии оборотной стороны плоскости и приурочении этой стороне — области мнимых чисел» [Там же. С. 25].

§ 9 «Мнимостей» содержит неожиданную физическую и даже метафизическую наглядную интерпретацию мнимых чисел (в духе «конкретной метафизики» Флоренского), порождённую идеями теории относительности и стимулированную 600-летним юбилеем кончины автора «Божественной комедии», который отмечался 14 сентября 1921 г. Несмотря на предварительный характер сообщения, Флоренский полагал, что «предложенное здесь истолкование мнимостей, в связи со специальным и с общим принципами относительности, по-новому освещает и обосновывает то Аристотеле–Птолемею–Дантово миропредставление, которое наиболее законченно выкристаллизовано в “Божественной комедии”» [Там же. С. 45].

Логика рассуждений П.А. Флоренского следующая. С точки зрения общего принципа относительности коперниковская и птолемеюско-дантовская системы (в отношении вращения Земли вокруг своей оси) эквивалентны. Но поскольку, по мнению автора, убедительных аргументов в пользу вращения Земли нет, то здравый смысл, земной, подлинно-достоверный опыт, философские и геометрические соображения говорят в пользу системы Птолемея–Данте. При этом далёкие небесные тела должны вращаться вокруг Земли с огромными скоростями. Скорость света, являющаяся предельной, согласно специальной теории относительности, достигается на расстоянии, равном 27,5 астрономических единиц, т.е. где-то на расстоянии, соответствующем орбите между Ураном и Нептуном. Иначе говоря, граница мира оказывалась там, где ей и полагалось быть в согласии с птолемеюско-дантовской концепцией. За пределами этого мира, т.е. при переходе через эту границу, характеристики вращающихся тел (длины, объёмы, массы и др.) становятся мнимыми величинами. И это уже мир небесный. Причём на границе размеры тел аннулируются, массы становятся бесконечными, время останавливается. «Разве это не есть пересказ в физических терминах — признаков идей, по Платону — бестелесных, непротяжённых, неизменяемых сущностей? Разве это не

аристотелевские чистые формы? или, наконец, разве это не воинство небесное, — созерцаемое с Земли как звезды, но земным свойствам чуждое?» — восклицает о.Павел [Флоренский 1922. С. 52].

Заслуживают внимания две реакции на это построение П.А. Флоренского: физико-позитивистская, скорее критическая, принадлежащая русскому позитивисту В.А. Базарову [Базаров 1923. С. 341–343], и философская, платонистская, почти восторженная, принадлежащая А.Ф. Лосеву [Лосев 1927. С. 282–284].

Критика Базарова была достаточно убедительна и, несмотря на его уважительное отношение к автору, демонстрировала курьёзность описанного построения (использование формул специальной теории относительности в общерелятивистской ситуации, приписывание звёздам свойств, «земным свойствам чуждых» — в противовес астрономическим наблюдениям и др.).

А.Ф. Лосев же считал, что Флоренский показал «возможность выхода за пределы мира», который (выход) логично интерпретировать как «специфическое изменение того же самого мира». Он с энтузиазмом присоединяется к истолкованию платоновских идей как мнимых величин:

«Весь платонизм в этой формуле  $\beta = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  : при условии

$v > c$ ». Лосеву также импонировало то, что в этом «мнимом» мире нарушается обычная причинность (в нём «следствие предшествует причине»), в результате чего «причина превращается в цель, в идеал».

Современные почитатели П.А. Флоренского к этой его концепции относятся с большим интересом [Бабков 2000. С. 236] или как к вполне оправданной [Русская философия 1995. С. 558], или даже восторженно как к выдающемуся открытию [Кедров 2002. С. 6].

Приведём две последние. Игумен А. Трубачев и С.М. Половинкин: «...Ф. (Флоренский) из теории относительности выводит возможность конечной Вселенной, где Земля и Человек становятся средоточием творения. Здесь Ф. возвращается к миропониманию Аристотеля, Птолемея и Данте» [Русская философия 1995. С. 558]. К. Кедров, считающий «Мнимости» главным трудом Флоренского: «Фло-

ренский предположил, что мнимые математические величины (получающиеся при  $v > c$ ) после нуля дают описание того света...В своей главной книге Флоренский с помощью математики, физики и поэзии стремится доказать реальность потустороннего мира» [Кедров 2002. С. 6].

Конструкцию П.А. Флоренского разъясняет С.С. Хоружий, связывая её с близкими о. Павлу идеями «конкретной метафизики» и символизма: «Конкретная метафизика — такой вариант символизма, где мир духовный максимально уподоблен миру физическому и, в частности, наделён *пространственностью*. Как описывают работы «Иконостас» и «Мнимости в геометрии», ноумены пребывают в некотором особенном пространстве, которое по отношению к физическому является «обращённым», «вывернутым» или «мнимым»: предметы и процессы в нём подчиняются таким законам, которые в точности обратны, противоположны законам природы (например, тут — обратное течение времени и следствие предшествует причине). Оба мира не отделены друг от друга, но специальным образом совмещаются. Собственно, они образуют один мир, но двойной, двусторонний, и предметы в этом мире — тоже двойной, или двуединой, природы: в физическом мире предмет видим физическим зрением как явление, в мире духовном он же созерцается духовным зрением по обращенным законам и потому видим обратным себе, вывернутым. Ясно, что эта модель сдвоенных взаимно обратных миров полностью отвечает символической реальности, причём воплощает её самым прямолинейным и натуралистичным способом: стороны символа, явление и смысл, получают друг из друга буквальным выворачиванием наизнанку» [Хоружий 1990. С. 4].

К 1922–1924 гг. относятся и некоторые другие работы о. Павла Флоренского, посвященные в значительной мере проблеме пространства и времени в художественной культуре (в основном в изобразительном искусстве) и также стимулированные идеями теории относительности [Флоренский 1990. С. 43–106; 109–124; Флоренский 1993].

Мы коснёмся только последней, которая представляется наиболее важной. В 1921 г. Флоренский стал профессором кафедры «Анализ пространственности в художественных произведениях» во ВХУТЕМАСе. Упомянутая



книга написана по материалам лекций о Павла. Незадолго до приглашения во ВХУТЕМАС он говорил о том, что «вопрос о пространстве есть один из первоосновных в искусстве и, скажу более, — в миропонимании вообще» (цит. по [Флоренский 1922. С. 297]). Значительная часть этой книги содержит материал, в котором особенно отчётливо видна стимулирующая роль теории относительности в постановке и развитии проблемы пространства и времени в изобразительном искусстве Флоренским [Флоренский 1924. С. 3–63]. Автор неоднократно подчёркивает роль релятивистско-геометрической классики в разработке этой проблемы в физике и естествознании в целом, упоминая Гаусса, Лобачевского, Римана, Клиффорда, Пуанкаре, Эйнштейна, Минковского, Вейля, Эддингтона [Там же. С. 5–6; 28; 41–42 и др.]. «Вся культура, — продолжает Флоренский, — может быть истолкована как деятельность организации пространства» [Там же. С. 55]. И затем он переходит к анализу «деятельности художественной», включающей и музыку, и литературу, и театр: «Художественная суть предмета искусства есть строение его пространства, или формы его пространства» [Там же. С. 71]. Далее, более детально анализируется именно изобразительное искусство. Временной аспект при этом учитывается посредством расширения трёхмерного пространства до 4-мерного пространства-времени, аналога релятивистского мира Минковского.

В текстах 1925 г. «Значение пространственности» и «Абсолютность пространственности» Флоренский со всей силой подчёркивает основополагающее значение этого понятия: «Проблема пространства залегает в средоточии миропонимания во всех возникавших системах мысли и предопределяет сложение всей системы. С известными ограничениями и разъяснениями можно было бы даже признать пространство за собственный и первичный предмет философии, в отношении к которому все прочие философские темы приходится оценивать как производные. И чем плотнее сработана та или иная система мысли, тем определённое ставится в качестве её ядра своеобразное истолкование пространства. Повторяем: миропонимание — пространствопонимание» (цит. по [Шапошников 2011. С. 249]).

Хотя о. Павел высоко оценивал как специальную теорию относительности, так и общую, и их влияние на развитие «пространствопонимания» во всех сферах науки и культуры, абстрактно-математический дух современной квантово-релятивистской физики не был ему близок. В письме к матери с Соловков (от 21–22 апреля 1936 г.) он писал: «Дух современной физики, с её крайней отвлечённостью от конкретного явления и подменой физического образа аналитическими формулами, чужд мне. Я весь в Гёте–Фарадеевском мироощущении и миропонимании... Физика будущего должна пойти по иным путям — наглядного образа» (цит. по [Шапошников 2011. С. 252]).

### А.Ф. Лосев

А.Ф. Лосев считал себя в какой-то мере учеником П.А. Флоренского. «Мнимости в геометрии» произвели на него глубокое впечатление, о чём свидетельствует прежде всего небольшой фрагмент, содержащий, в частности, почти восторженное описание конструкции Флоренского. Кстати говоря, в своих воспоминаниях, датированных 1985 г., он говорил о нём: «Флоренского я глубоко ценю... В своей книге 1914 г. “Столп и утверждение истины” он действительно сделал много открытий, но развить их ему... не удалось... Краткое своё расхождение с Флоренским в понимании античного платонизма я формулировал бы так. У Флоренского — иконографическое понимание Платоновской Идеи, у меня же скульптурное понимание» [Лосев 1990, II. С. 47–48].

Впрочем, судя по всему, А.Ф. Лосев был увлечён идеями теории относительности и до появления «Мнимостей». Вспоминая «конец гимназических лет, университетские годы и первые годы после окончания университета, т.е. десятилетие между 1910 и 1920 годами, он писал: «Удивительным образом, и... не знаю почему, я с потрясающим энтузиазмом впитывал в себя впервые тогда появляющиеся сообщения о теории относительности Эйнштейна. Меня приводило в восторг — и, по-моему, гораздо больше, чем профессиональных математиков и механиков, то, что пространство вовсе не есть пустая и чёрная дыра, но что

оно везде разное, везде имеет разную кривизну и, так сказать, свою специфическую физиономию» [Там же. С. 15]. И дальше: «Меня потрясло знакомство с уравнениями Лоренца (т.е. с преобразованиями Лоренца и вытекающими из них зависимостями длин, объёмов и масс от скорости движения тел. — В.В.), которое изображало объём тела в зависимости от скорости движения тела и согласно которому тело со скоростью света вообще теряло всякий объём, а со скоростью выше скорости света принимало объём тела как мнимую величину...Меня потрясло...то, что превращение объёма тела в нуль вполне мыслимо, что это чудо можно математически точно сформулировать» [Там же].

Абсолютное, однородное и изотропное (евклидово) пространство механики Ньютона ассоциировалось у Лосева с образом чёрной дыры, который фигурирует не только в цитированных воспоминаниях, но и в работах конца 1920-х годов, например, в «Диалектике мифа»: «Механика Ньютона построена на гипотезе однородного и бесконечного пространства. Мир не имеет границ, т.е. не имеет формы. Для меня это значит, что он бесформен. Мир абсолютно плоскостен, невыразителен, нерельефен. Неимоверной скукой веет от такого мира. Прибавьте к этому абсолютную темноту и нечеловеческий холод межпланетного пространства. Что это как не чёрная дыра, даже не могила и т.д.» [Лосев 1990, I. С. 405].

Представляют интерес и три небольших фрагмента из «Античного космоса и современной науки» (1927) [Лосев 1993. С. 225–228; 481–483; 282–284].

В первом фрагменте Лосев формулирует четыре в основном пространственно-временных «основоположения античного космоса» и заканчивает их рассмотрение следующим утверждением: «Все эти четыре последних основоположения античного космоса суть современное учение об относительности пространства и времени. Как раньше диалектика требовала у нас по категории единого (сущего) неделимой делимости, по категории подвижного покоя — астрологии, по категории самотождественного различия — алхимии, так сейчас, по категориям величины, времени и пространства, диалектика требует *теории относительности*... Как только вместо Эйнштейна мы согла-

симся с Ньютоном, т.е. абсолютизируем пространство, убивши тем самым и живой смысл, и живую фактичность пространства, — так наступает конец диалектики...» [Лосев 1993. С. 227]. Этот фрагмент заканчивается примечанием 115 [Там же. С. 481–483], которое поразительно в двух отношениях. Во-первых, А.Ф. Лосев демонстрирует более чем обстоятельное знакомство с отечественной и переводной релятивистской литературой (от 50 до 70 статей и книг). Во-вторых, теоретическая и математическая структура эйнштейновских построений, по его мнению, настолько фундаментальна и убедительна, что никакие эксперименты не в состоянии их опровергнуть: «Этой теории не было несколько столетий и, несомненно, её ещё тысячи раз опровергнут, так как любителей опровергать истину всегда было сколько угодно. Но какие бы опыты Майкельсона ни удавались, *диалектика всё равно требует теории относительности*. И пусть хоть сто тысяч физиков и механиков обрушатся на меня, всё-таки *теория относительности математически мыслима*. А это и есть всё. Раз она мыслима теоретически, чем вы застрахованы от того, что попадёте в реальное неоднородное пространство?» [Там же. С. 482–483].

Последний фрагмент из «Античного космоса» в основном посвящён одобрительному, если не восторженному изложению концепции Флоренского (хотя и без упоминания о «Божественной комедии» Данте) [Там же. С. 282–284].

И в двух других сочинениях конца 1920-х годов встречаются места, в которых упоминается теория относительности — это «Музыка как предмет логики» [Лосев 1990, I. С. 373–374] и «Диалектика мифа» [Там же. С. 407–409], но они в основном повторяют соответствующие фрагменты из «Античного космоса».

### В.Г. Богораз (Тан)

В 1923 г. увидела свет небольшая книга «Эйнштейн и религия», написанная выдающимся российским этнографом Владимиром Германовичем Богоразом (1865–1936), который использовал иногда псевдоним В.Г. Тан или Н.А. Тан [Богораз 1923]. В книге шла речь о применении

идей теории относительности к изучению религиозных явлений (от первобытных религий до высших религий, в том числе и христианства).

В.Г. Богораз известен также как крупный деятель революционного народничества. Он был одним из организаторов южнорусского отделения «Народная воля» в 1880-е годы. С 1889 по 1898 гг. находился в сибирской ссылке, где собирал материалы по этнографии и религии чукчей и других народов Северной Азии. В начале 1900-х годов им были опубликованы исследования об этом, которые до сих пор цитируются [*Ранние формы* 1972]. В советский период В.Г. Богораз был профессором ряда ленинградских вузов, участвовал в разработке письменности народов Севера, продолжал свои исследования. В 1939 г. посмертно вышел второй том его капитального труда «Чукчи». Богораз (Тан) известен также своими романами и повестями из жизни первобытных людей.

Что касается его книги «Эйнштейн и религия», то она в очень небольшой мере затрагивает собственно теорию относительности, хотя отмеченные автором параллели и аналогии между этими двумя областями знания представляют интерес. Эта книга иногда цитируется и современными исследователями.

Так, В.В. Иванов, анализируя понятие времени в искусстве и культуре XX века и ссылаясь на него, отмечает: «С новым пониманием времени в теории относительности этнологи и лингвисты сближают концепцию, которая вскрывается в мифологии и языках многих народов, находившихся за пределами основных цивилизаций Старого Света» [*Ритм* 1974. С. 41].

Прочитируем достаточно пространный фрагмент десятой главы книги Богораза, из которого ясен смысл его работы и, вместе с тем, видны серьезные трудности на пути применения релятивистских идей к анализу религиозных явлений: «Сведя вместе все указанные факты, получаем нижеследующие выводы. Явления религиозного мира вместе с явлениями других сопредельных областей, в сущности говоря, ничем не отличаются от всяких других явлений как субъективных, так и объективных. Они подлежат восприятию, а также наблюдению и, стало быть, и исследованию при помощи измерительного и общего

сравнительного метода. В области измерительной они имеют своё собственное пространство и собственное время и в этом отношении составляют особую систему S, свободную и независимую от нашей земной системы... Пространство и время, свойственные им, имеют относительный характер. И в этой относительности можно установить три основных элемента:

1. Изменчивость величины образов религиозного мира в их отношениях к людям и постоянные переходы по двойной шкале возрастания и убывания от форм миниатюрных к формам гигантским.

2. Изменчивость наполнения времени, растяжение и сжатие времени. Отсутствие общего критерия времени, отсутствие одновременности.

3. Вневременное совпадение различных ипостасей одного и того же бытия, коллективных или одиночных, длительных или кратковременных, которое в конечном счёте допускает в виде перемишки молниеносные промежутки пространственного времени» [Богораз 1923. С.114].

Первые два элемента особых пояснений не требуют. Менее ясен третий элемент, связь которого с теорией относительности достаточно туманна. Автор приводит ряд примеров двух- и более ипостасных образов, которые можно уподобить как бы различным проекциям «одного и того же бытия» (касатки—люди-охотники, ворон—человек, духи двойного образа, понятие о Троице в христианстве и т.д.).

В другом месте Богораз более кратко формулирует суть третьего элемента: «Вневременное совмещение различных ипостасей одного и того же бытия» [Там же. С. 69].

В.Г. Богораз полагал, что, как и в теории относительности, пространственно-временные особенности религиозного мира основаны на «измерительных данных в религиозных явлениях». Но эти «измерительные данные» — иллюзия, скорее, метафора. Правда, метафора полезная, позволяющая обнаружить нетривиальные пространственно-временные структуры в религиозно-мифологических построениях. В заключение ещё одна цитата в подтверждение сказанного: «Только теория относительности даёт возможность применить измерительный метод к религиозным явлениям, ибо она устанавливает, что каждая сис-

тема S, каждая область явлений имеет своё собственное пространство и своё собственное время, и только с этой точки зрения можно исследовать измерительные данные в религиозной области» [Там же. С. 4].

Подзаголовок к заглавию книги гласил: «Применение принципа относительности к исследованию религиозных явлений. Выпуск первый». В этом выпуске автор вдохновлялся специальной теорией относительности. В следующем выпуске, который, по-видимому, так и не вышел, он предполагал изучить влияние общей теории относительности на исследование религиозных явлений.

### **Футуристы и В.В. Хлебников**

Выдающиеся теоретики российского авангарда Н.Н. Пунин, Р.О. Якобсон, И.А. Аксенов на рубеже 1920-х годов говорили о своего рода «пространственно-временном» резонансе в науке и художественной культуре. При этом главными застрельщиками были творцы теории относительности Лоренц, Пуанкаре, Эйнштейн, Минковский (1900–1920). В художественной же культуре в этом движении поначалу на передний план выдвинулись футуристы; в России зачинателями футуризма (1908–1911) стали поэты и художники В. Хлебников, В. Каменский, Д. и Н. Бурлюки, Е. Гуро, М. Матюшин, П. Филонов, чуть позже В. Маяковский, А. Кручёных и др. В этом блистательном созвездии имён особое место занимает Хлебников, уже при жизни признанный гением. «Хлебников — философ и поэт. Хлебников же и учёный, с гениальной простотой открывающий законы нового человечества. Это его манифесты подготовили торжественное шествие футуризма», — писал поэт Н. Асеев в 1920 г. [*Мир* 2000. С. 105].

Но вернёмся к оценке ситуации научно-художественного пространственно-временного резонанса в начале XX века ... «Начало XX века одновременно в разных областях знания и познания, как бы по закону детонации, сделало проблему времени (и, добавим, пространства. — В.В.) основной проблемой века. Наиболее богатые результаты получены, по-видимому, физикой и, думаю, в художественном творчестве. Так что мне вновь представляется, — го-

ворил Н.Н. Пунин 10 сентября 1922 г. в докладе «Хлебников и государство времени», читанном в ВОЛЬФИЛе (Петроград), — что по одну сторону ворот, ведущих в нашу эру, стоит теория Минковского–Эйнштейна, по другую — теория государства времени В. Хлебникова» [*Мир* 2000. С. 160].

Р.О. Якобсон подчёркивал связь итальянского и русского футуризма, цитируя соответствующие манифесты и вслед за ними релятивистские тексты, принадлежащие русским физикам-релятивистам 1910-х годов (Н.А. Умову, О.Д. Хвольсону и др.). «Изживание статики, изгнание абсолюта — главный пафос нового времени, злоба текущего дня. Негативная философия и танки, научный эксперимент и совдепы, принцип относительности и футуристский “долой” рушат огороды старой культуры. Единство фронтов изумляет» [*Якобсон* 1987. С. 415].

Вяч.Вс. Иванов в вводной статье к «Работам по поэтике» Якобсона, отмечая раннюю увлечённость последнего идеей пространственно-временного научно-художественного резонанса, продолжает: «Но такое острое переживание единства научного и художественного переворота во взглядах на пространство и время могло быть только в том десятилетии 1906–1916 гг., на которое приходится появление специальной теории относительности, по времени совпавшей с ретроспективной выставкой Сезанна, и становление общей теорией относительности, завершение которой было одновременным с такими заключительными этапами нового искусства, как балет «Парад» Кокто и Пикассо» [*Иванов* 1987. С.12].

Будучи студентом физико-математического факультета Казанского университета, В.В. Хлебников начал размышлять о природе исторического времени, и эти размышления вступили в соприкосновение с релятивистскими и геометрическими идеями Эйнштейна и Минковского. Профессором будущего поэта был А.В. Васильев — математик, историк и философ математики, пропагандист идей Лобачевского, а затем и теории относительности, особенно в её четырёхмерной формулировке, развитой в 1907–1908 гг. Г. Минковским [*Бабков* 2000. С. 162]. В 1905 г. Хлебников дал обет найти законы времени, «чтобы утопить в чернильнице войну-смерть. Через 16 лет  $(2^2)^2$ , в 1921 г., обе-



щание исполнено» [Там же. С.168]. В 1922–1923 гг. эти «законы времени» были опубликованы частично в трёх выпусках «Досок судьбы» [Хлебников 2000]. Но здесь мы не будем касаться этих численных исторических построений («Мой основной закон времени: во времени происходит отрицательный сдвиг через  $3^n$  дней и положительный через  $2^n$  дней и т.д.») [Бабков 2000. С. 182]. Но на пути к ним он неоднократно соприкасался с пространственно-временными проблемами в своих изысканиях и художественном творчестве.

Так, манифест футуристов «Труба марсиан», подписанный Хлебниковым, М. Синяковой, Божидаром, Г. Петниковым и Н. Асеевым, начинается с провозглашения четырёхмерного пространства-времени как ключевой концепции футуризма: «Мозг людей и доныне скачет на трёх ногах (три оси места)! Мы приклеиваем, возделывая мозг человечества, как пахари... этому щенку четвертую ногу, именно — *ось времени*» [Хлебников 1986. С. 602]. В программном тексте «Наша основа», который датирован 1919 г. и был опубликован в 1920 г., Хлебников сопоставляет развитие языка с пространственно-временной эволюцией физики: «Можно подумать, что наука роковым образом идёт по тому пути, по которому уже шёл язык. Мировой закон Лоренца (т.е. преобразования Лоренца специальной теории относительности. — В.В.) говорит, что тело сплющивается в направлении, поперечном давлению. Но этот закон и есть содержание «просто-го имени» Л: значит ли Л — имя, лямку, лопасть, лист дерева, лыжу, лодку, лапу, лужу ливня, луг, лежанку — везде силовой луч движения разливается по широкой поперечной лучу поверхности до равновесия силового луча с противосилами... Знал ли язык про поперечное колебание луча, луч-вихрь? Знал ли, что

$$R \text{ делается } R\sqrt{1 - v^2/c^2},$$

где  $v$  — скорость тела,  $c$  — скорость света.

По-видимому, язык так же мудр, как и природа, и мы только с ростом науки учимся читать его... Мудростью языка давно уже вскрыта световая природа мира. Его «я» совпадает с жизнью света... Человек живёт на «белом све-

те» с его предельной скоростью 300 000 километров и мечтает о «том свете» со скоростью большей скорости света (это напоминает конструкцию Флоренского, в которой «тот свет» имеет мнимый характер. — В.В.)...» [*Хлебников* 1986. С. 625].

Имеется несколько свидетельств того, что Эйнштейн приветствовал русских футуристов, изучающих время. Н.Н. Пунин: «По имеющимся у меня непроверенным сведениям Эйнштейн написал приветственное письмо русским футуристам, изучающим время; письмо было адресовано Хлебникову. Так как Хлебников не знал, кто, кроме него, из русских футуристов занимается временем, то письмо это он целиком принял на себя» [*Мир* 2000. С. 160–161]. Художник П.В. Митурич: «... Он (Хлебников. — В.В.) упомянул Эйнштейна, говорил, что он присылал поздравления русским футуристам по поводу их глубоких изысканий о времени, тогда как у них ничего не имеется. Но так как таковыми изысканиями занимался только он, то он принял это на себя» [*Митурич* 1997. С. 24]. В примечании к этому месту говорится: «Возможно, речь идёт о воззвании к русским футуристам, опубликованном в журнале «Clarté» (издавался А. Барбюсом с конца 1919 г.). Среди подписавших воззвание был А. Эйнштейн» [Там же. С. 168].

В одной из статей Р.О. Якобсона, относящейся к 1930 г., говорилось о том, что в начале 1920-х годов русские футуристы, прежде всего В.В. Маяковский, собирались послать Эйнштейну приветственную радиограмму: «Весной 1920 г. я вернулся в закупоренную блокадой Москву. Привёз новые европейские книги, сведения о научной работе Запада. Маяковский заставил меня повторить несколько раз мой сбивчивый рассказ об общей теории относительности и о ширившейся вокруг неё в то время дискуссии. Освобождение энергии, проблематика времени, вопрос о том, не является ли скорость, обгоняющая световой луч, обратным движением во времени, — всё захватывало Маяковского. Я редко видел его таким внимательным и сосредоточенным. — А ты не думаешь, — спросил он вдруг, — что так будет завоёвано бессмертие?... Вскоре он рассказал, что готовит поэму — “Четвёртый Интернационал” (потом она была переименована в “Пятый”) и что там обо всём этом будет. Членом этого Интернационала будет Эйн-

штейн. Это будет куда важнее “Ста пятидесяти миллионов”. Маяковский носился в то время с проектом послать Эйнштейну приветственное радио — науке будущего от искусств будущего. Мы никогда впоследствии не возвращались в разговорах к этим темам. “Пятый Интернационал” остался незавершённым» [*Якобсон 1987. С. 420*]. Этот фрагмент воспоминаний Якобсона взят из примечаний к его статье «Футуризм», которая уже цитировалась нами.

Близкий футуристам художник М.В. Матюшин в очерке 1920 г. «Опыт нового ощущения пространства» также отмечал связь физического релятивизма с пространственно-временным исканием людей искусства: «Современные учёные начала столетия Минковский, Эйнштейн, Планк смело бросают мысли, сбивающие спокойную уверенность человека в совершенстве его познания и воспринимающих пространство органов чувств. Все они дают сильный удар нашей инертности чувств и восприятий. Вопрос об измерениях (пространства. — В.В.) в начале века остро волновал всех, особенно художников. О четвёртом измерении создалась целая литература. Всё новое в искусстве, науке принималось выходящим из самых недр четвёртой меры... Для меня это был просто конец плоскостному наблюдению и уход от периферического изображения природы...» (цит. по [*Бабков 2000. С. 235*]).

### Литература за рамками футуризма.

М.М. Бахтин

Конечно, релятивистские идеи и пространственно-временной сдвиг в художественном творчестве затрагивали не только футуристов. Не стремясь к полноте, мы коснемся таких разных поэтов, как В.Я. Брюсов, О.Э. Мандельштам и А.В. Введенский. Несомненно, этот список можно было бы расширить, включив в него, например, А.А. Блока, А. Белого, А.А. Ахматову, Н.С. Гумилева, Б.Л. Пастернака и др. В какой-то степени это движение относится и к прозаикам. Мы процитируем и обсудим характерные места из ранних очерков А.П. Платонова и Е.И. Замятина.

Релятивистская, пространственно-временная ипостась (проекция, грань) духа времени (*Zeitgeist*) первой четвер-

ти XX века охватывала, таким образом, обширный круг естественных наук и математики, философии и наук гуманитарного цикла, а также художественного творчества. Глубину и загадочность этого феномена отмечал Ю.М. Лотман в одном из своих писем сестре Л.М. Лотман, датированных 1944 г.: «...Если между, например, Эйнштейном и Евклидом связь только генетическая, то, скажем, между тем же Эйнштейном, Роденом и Блоком гораздо более глубокая, хотя и подсознательная связь» [Лотман 1997. С. 47, письмо № 40].

Несколько позже на «пространственно-временной арене» гуманитарной культуры появляется М.М. Бахтин со своей концепцией хронотопа, примыкающей к идеям Э. Кассирера и А.А. Ухтомского. Его фундаментальное исследование «Форма времени и хронотопа в романе. Очерки по исторической поэтике» датировано 1937–1938 гг. [Бахтин 1975. С. 234–407]. Приведём начало этой работы, из которого видна связь понятия хронотопа с теорией относительности: «Существенную взаимосвязь временных и пространственных отношений, художественно освоенных в литературе, мы будем называть *хронотопом* (что значит в дословном переводе — «времяпространство»). Термин этот употребляется в математическом естествознании и был введён и обоснован на почве теории относительности. Для нас не важен тот специальный смысл, который он имеет в теории относительности, мы перенесём его сюда — в литературоведение — почти как метафору (почти, но не совсем); нам важно выражение в нём неразрывности пространства и времени (время как четвёртое измерение пространства). Хронотоп мы понимаем как формально-содержательную категорию литературы (мы не касаемся здесь хронотопа в других сферах культуры)» [Бахтин 1975. С. 234–235]. Кстати говоря, сказанное в скобках сопровождается примечанием: «Автор этих строк присутствовал летом 1925 г. на докладе А.А. Ухтомского о хронотопе в биологии; в докладе были затронуты и вопросы эстетики» [Там же].

В письме Л.Л. Фиалковой от 15 июля 1983 г. Ю.М. Лотман также отметил связь категории хронотопа с теорией относительности и своеобразное родство Бахтина и Эйнштейна как представителей модернистской культуры:

«...Постановка пространственных и временных моделирований в один ряд сама по себе спорна и принадлежит XX веку (эпохе теории относительности). Для Бахтина как человека модернистской культуры существует, как и для Эйнштейна, тоже модерниста, хронотоп — время как четвёртое измерение... Бахтин идёт от идей физики (теория относительности) и рассматривает пространство и время как явления одного ряда (в перспективе это восходит к Канту)» [*Лотман* 1997. С. 719–720, письмо № 731].

### **А.П. Платонов и Е.И. Замятин (1921–1922)**

Задолго до того времени, как А.П. Платонов стал автором знаменитых романов «Чевенгур», «Котлован» и др., он жил в родном Воронеже и активно печатался в местной прессе (он писал стихи, прозу, но в основном — публицистику). Как раз в эти годы он был студентом Воронежского политехнического института, который окончил в 1924 г., став специалистом по мелиорации и электрификации сельского хозяйства. Один из ключевых мотивов его публицистики — это наука как локомотив революции и нового мироустройства: «Наука. Нет слова для рождающегося пролетарского человечества более великого и более радостного и т.д.» [*Платонов* 1990. С. 51] или: «Революция рождена знанием. Наука — голова революции, сердце же её — прирождённое человечеству чувство истины и т.д.» [Там же. С. 65]. Но тогда же, в 1920 г., двадцатилетний студент, прошедший школу Красной армии, находился в плену идеи классовости науки: «Язвой буржуазной опытной науки был идеализм... Идеализм — враг науки, он лошадь без узды, которая едет дальше, чем нужно, и т.д.» [Там же. С. 101–102].

В 1921 г. он знакомится с теорией относительности и её четырёхмерной формулировкой, в которой он усматривает глубинную взаимосвязь «двух основных понятий человеческого сознания — времени и пространства» [Там же. С. 143]. Речь идёт о небольшой заметке «Слышные шаги», которая имеет подзаголовок (в скобках) «революция и математика». Платонова поражает простота и своеобразная парадоксальность (и даже мистичность) «формулы Минковского»

$$3 \times 10^5 \text{ км} = \sqrt{-1} \text{ сек.}$$

Сам Минковский называл её мистической [Минковский 1935. С. 199]. Платонов полагал, что в этой формуле заключена таинственная «зависимость двух основных понятий человеческого сознания, времени и пространства», связанная загадочным образом со скоростью света.

Через год он пишет заметку «Свет и социализм», в которой он поёт гимны главному экспериментальному оружию теории относительности и заключает: «...На свете и из света надо отлить и выточить коммунизм» [Платонов 1990. С. 178]. Этому выводу предшествует квази-релятивистский тезис: «Пространство же и время составляют всё, что мы знаем о мире. Всё, что мы знаем, есть комбинированные функции пространства и времени» [Там же]. Запасы света неисчислимы: «Света столько — сколько пространства»; «даже энергия расколотого Резерфордом атома ничто в сравнении с энергией светового океана» [Там же. С. 179].

Конечно, особый интерес представило бы изучение хромотопного аспекта в творчестве А.П. Платонова, «писателя с ярко выраженным пространственным мышлением», в больших романах которого, впрочем, частотное соотношение слов пространство и время таково: в «Чевенгуре» — 37 против 182, в «Котловане» 11 против 112 [Панова 2003. С. 235].

Е.И. Замятин на 15 лет старше Платонова, и к началу 1920-х годов имел немалый опыт и инженера (он в 1908 г. окончил кораблестроительный факультет Петербургского Политеха и успел поработать по своей специальности и в России, и в Англии), и писателя (повести «Уездное», 1911 г., «На куличках», 1913 г., «Островитяне», 1917 г.). В 1920 г. им была закончена блистательная антиутопия «Мы», которая впервые увидела свет на английском языке (1924). И в этом романе мы находим следы его знакомства с теорией относительности и эйнштейновской космологией: «Да, да, говорю вам: бесконечности нет, — рассуждает один из героев. — Если мир бесконечен, то средняя плотность материи в нём должна быть равна нулю. А так как она не нуль — это мы знаем, то, следовательно, вселенная конечна и т.д.» [Замятин 1990. С. 152].

Показательны также две его статьи 1922 г. и 1923–1924 гг.: «О синтетизме» и «О литературе, революции, энтропии и о прочем» [Там же. С. 410–416 и С. 431–437], в которых отмечается, что Эйнштейн и теория относительности символизируют интеллектуальные потрясения в науке и искусстве, требующие нового синтеза. Вот две цитаты из статьи «О синтетизме»: «Эйнштейном сорваны с якорей самое пространство и время. И искусство, выросшее из этой, сегодняшней, реальности — разве может не быть фантастическим, похожим на сон?». И далее: «После произведённого Эйнштейном геометрически-философского землетрясения окончательно погибли прежние пространство и время. Но ещё до Эйнштейна землетрясение это было записано сейсмографом нового искусства, ещё до Эйнштейна покачнулась аксонометрия перспективы, треснули оси X-ов, Y-ов, Z-ов — и размножились лучами и т.д.» [Замятин 1990. С. 414]. И вот концовка второй статьи: «Наука и искусство — одинаковы в проектировании мира на какие-то координаты. Различные формы — только в различии координат... Основные признаки новой формы (и в науке, и в искусстве. — В.В.) — быстрота движения (сюжета, фразы), сдвиг, кривизна (в символике, лексике) не случайны: они следствие новых математических координат. Новая форма не для всех понятна, для многих трудна? Возможно... Очень прост Евклидов мир и очень труден Эйнштейнов — и всё-таки уже нельзя вернуться к Евклиду и т.д.» [Замятин 1990. С. 436–437] (см. также [Анненков 1990. С. 255–261]).

Случайно ли, что наши герои — эйнштейннианцы, релятивисты в гуманитарной сфере и художественном творчестве — вступали в идеологические конфликты с властью, репрессировались и даже погибали: о. П. Флоренский расстрелян в 1937 г.; А.Ф. Лосев был арестован в 1930 г. (освобождён в 1933 г.), в 1930–1940 гг. был лишён возможности печататься; В.В. Хлебникова травили как идеалиста и мистика; Е.И. Замятин арестовывался и вынужден был в конце концов эмигрировать в 1931 г.; А.П. Платонов после 1929–1930 гг. стал фактически запрещённым писателем, его великие романы «Чевенгур» и «Котлован» были напечатаны в СССР только после перестройки. Забегая вперёд, заметим, что О.Э. Мандельштам и А.В. Вве-

денский, о которых пойдёт речь ниже, также погибли в сталинских лагерях (первый в 1938 г., второй в 1941 г.).

### В.Я. Брюсов

В.Я. Брюсов, пожалуй, был одним из немногих наших героев (т.е. тех деятелей художественной и гуманитарной культуры, в творчестве которых Эйнштейн и теория относительности нашли определённое отражение), кто не пострадал от советских властей (или не успел пострадать, поскольку умер в 1924 г.). Есть, впрочем, версия, что он покончил жизнь самоубийством [Казак 1996. С. 59].

Выдающийся поэт, признанный вождь русского символизма, вскоре после революции примкнул к большевикам, чуть ли не единственный из поэтов-символистов вступил в ВКП(б) и работал на руководящих должностях в учреждениях культуры. Брюсов, и ранее увлекавшийся наукой и техникой (в 1915 г., например, он набрасывал научно-фантастическую повесть «Мятеж машин» [Брюсов 1976. С. 95–103]), высоко ценил идею «научной поэзии» Р. Гиля, с которым встречался и переписывался с начала 1900-х годов [Там же. С. 269]. Видимо, революция 1917г. у него ассоциировалась с революцией в науке и технике, и он решил, что новая поэзия должна быть не только пролетарской, но и научной. Последние две книги стихов «Дали» и «Меа», изданные в 1922–1924 гг., содержат и ряд стихотворений, имеющих отношение к теории относительности. Приведём высказывания брюсоведов С.В. Шервинского и Д.Е. Максимова о «научной поэзии» поэта: «Перегрузка научными терминами и историческими именами особенно чувствуется в стихах из книг “Дали” и “Меа”, которые посвящены преимущественно теме научного подвига человечества. Брюсов в своё время поддерживал идею Рене Гиля о возможности “научной поэзии”. На склоне лет (ему в это время не было и пятидесяти! — В.В.) Брюсов попытался реализовать мечту о такой поэзии на деле.

В настоящее время (1960–1970-е годы. — В.В.) наблюдается, особенно среди молодого поколения, повышенный интерес к “научной поэзии” Брюсова. Это, по-видимому,



относится более к знакомым животрепещущим темам, нежели к поэтическому качеству стихов... Брюсов мечтал о читателе, равном ему по образованности, — мечта нереальная; демонстрация собственной эрудиции заставляет заподозрить, что в авторе ещё не угасло какое-то юношеское тщеславие. Между тем, сама тематика “научной поэзии” Брюсова настолько отстаёт от темпов развития точных наук, что предвидения поэта устаревают “на корню” (ниже мы увидим, что это не всегда справедливо. — В.В.). Не следует упускать из виду и того, что в экспериментах с поэтикой пагубно сказалось ясно ощутимое соперничество с молодыми футуристами, которые могли помешать стареющему “мэтру” ... быть первым; а с этим он не хотел примириться» [Брюсов 1976. С. 20–21].

Фрагменты из статьи Д.Е. Максимова о Брюсове: «Брюсов настойчиво доказывал право этой (т.е. научной. — В.В.) поэзии на существование и, воскрешая ломоносовскую традицию, создавал многочисленные образцы стихотворений, соответствовавших его замыслу. Отличительный признак “научной поэзии”, в понимании Брюсова, заключался в её специфической тематике. Лирические размышления о прошлом и будущем человечества и вселенной, ..., о теории относительности, об электроде, об обитаемости звёзд, ... — вот круг тем, разрабатываемых Брюсовым в его последних стихах... Поворот внимания на современной основе синкретического поэтично-научного мышления..., — неоспоримая заслуга Брюсова ... Система философских решений, положенных в основу этих стихов ... не вполне совпадала с его стремлениями усвоить идеологию революционного марксизма. В стихах Брюсова, относящихся к “научному” циклу, мы найдём следы идеализма и пессимизма, которые показывают, что Брюсову не удалось перестроить своё мировоззрение до конца и т.д.» [Брюсов 1961. С. 62]. Сошлёмся также на интересный анализ поэтического сборника «Дали», предпринятый М.Л. Гаспаровым [Гаспаров 1997. С. 272–305]. Приведём два фрагмента из воспоминаний о В.Я. Брюсове этого (короткого, советского) периода. В 1920 г. поэт встречался с А.Л. Чижевским; они говорили о К.Э. Циолковском, которого хорошо знал Чижевский и о котором собирался писать книгу Брюсов. Чижевский вспоминал впоследствии эту встречу и приводил слова

поэта: «Я интересуюсь не только поэзией, но и наукой, вплоть до четвёртого измерения, идеями Эйнштейна, открытием Резерфорда и Бора. ... Материя таит в себе неразгаданные чудеса. ... Меня интересует личность Циолковского. ... Он является носителем сказочной идеи о возможном полёте в другие миры на ракетных кораблях ... По этому вопросу я говорил с некоторыми нашими физиками — они смеются над Циолковским, но принципа ракеты не отрицают...» [Брюсов 1976. С. 71] (см. также [Чижевский 1974. С. 74–79]).

В.В. Фефер вспоминал о лекциях Брюсова по русской литературе в октябре 1921 г. в «профессионально-технической школе поэтики»: «Вообще Брюсов, точно придерживаясь своей программы, не боялся значительно уклониться в сторону, делая это обычно за счёт добавочного времени. Так в ответ на вопрос одного из слушателей в течение двух часов увлекательно излагал нам теорию относительности Эйнштейна. Он проводил свою давнишнюю мысль о неправильности мнений о том, будто всё, ныне утверждаемое наукой, есть непогрешимая истина. Когда “научными” (в кавычках, выделял он) были Птолемея система, учение о свете Ньютона. Сводом “истин” была и вся схоластика. На примере теории относительности Брюсов показал, как ниспровергнуты законы, считавшиеся незыблемыми» [Брюсов 1976. С. 816].

Рассмотрим, наконец, несколько поразительных стихотворений Брюсова: «Принцип относительности» (1922) из сборника «Дали», «Мир электрона» и «Мир  $N$  измерений» из сборника «Меа», вышедшего посмертно, и «Бесконечность», впервые опубликованного в 1967 г. [Брюсов 1961. С. 458–459; 472–473] и [Брюсов 1976. С. 62–64].

В стихотворении «Принцип относительности» подчеркнута революционизирующая роль теории относительности, радикально изменяющей устоявшиеся «истины» о пространстве и времени: «Первозданные оси сдвинуты», «...вот-вот адамант *Leges motus*’ов Ньютона — разлетится в куски!», «Самое время — канатный плясун». Спасаться надлежит тем, кто не готов принять новый мир. Хорошо известно и часто цитируется стихотворение «Мир электрона», предвещающее фридмонные системы, интерпретируемые и как элементарные частицы, и как квазизамкнутые метагалактические миры, концепцию, выдвинутую

в 1960-е годы М.А. Марковым, Г.М. Идлисом и К.П. Станюковичем [Зельманов 1967]: «Ещё, быть может, каждый атом — /Вселенная, где сто планет;/ Там всё, что здесь в объёме сжато,/ Но также то, чего здесь нет/ и т.д.». Фридмоны — общерелятивистские объекты. Так что, едва ли на сто процентов прав С.В. Шервинский, утверждавший, что «предвидение поэта устаревают на корню».

Точно так же и стихотворение «Мир  $N$  измерений» является поэтическим предвестником или спутником не только пятимерия, которое вошло в физику вместе с пятимерными едиными теориями поля Т. Калуцы, О. Клейна и А. Эйнштейна (начиная с 1921 г.), но и многомерных суперструнных теорий конца XX–начала XXI веков: «Но живут, живут в  $N$  измерениях / Вихри воль, циклоны мыслей, те, / Кем (Кому? — В.В.) смешны мы с нашим детским зреньем, /С нашим шагом по одной черте /и т.д.» М.А. Булгаков в романе «Мастер и Маргарита», который он писал с 1928 г. до своей кончины в 1940 г., использовал идею пятого измерения, чтобы расширить квартиру № 50 в доме № 302-бис на Садовой улице, где проходил «великий бал у Сатаны». Маргариту больше всего поразила необъятность зала. «Коровьев сладко ухмыльнулся... Самое несложное из всего! — ответил он. — Тем, кто хорошо знаком с пятым измерением, ничего не стоит раздвинуть помещение до желательных пределов. Скажу вам более, уважаемая госпожа, до чёрт знает каких пределов!» [Булгаков 1973. С. 666].

Возможность конечной замкнутой модели Вселенной, выдвинутая Эйнштейном и поразившая воображение современников, со времён Ньютона привыкших к бесконечности Вселенной, — тема последнего стихотворения: «Принципы относительности ставят / Пределы бесконечности. На ум / То грань без граней тоже давит / «Нет врачества!» — он стонет, как Наум./ Мы в бесконечности? иль мы в конечности?/ Иль рано разуму познать?» и т.д. Кстати, Наум — библейский пророк, провозгласивший гибель Ниневии: «Нет врачества для раны твоей, болезненна язва твоя» [Брюсов 1976. С. 64].

### О.Э. Мандельштам

В 2003 г. вышла более чем восьмисотстраничная книга Л.Г. Пановой «“Мир”, “пространство”, “время” в поэзии

Осипа Мандельштама» [Панова 2003]. Выводы, к которым приходит автор на основе изучения языка поэзии Мандельштама «под микроскопом», состоят в том, что «в русской поэтической традиции Мандельштам — первый «поэт пространства» [Там же. С. 18] и что «время в поэтической картине мира Мандельштама не является основополагающей категорией» и что оно вытесняется с главенствующих позиций «вневременностью» [Там же. С. 601]. Означает ли последнее своего рода «опространствление» времени в духе четырёхмерного пространства-времени Минковского и теории относительности? Это можно предполагать, хотя полной уверенности в такой интерпретации нет.

В развитии взаимосвязи «Мандельштам — теория относительности» можно выделить три узловые даты: 1913 г., 1922 г. и 1933–1934 гг. 1913 г. — это выход первой книги стихов «Камень» в издательстве «Акмэ», провозглашение акмеизма, стихотворение «Адмиралтейство», статья «Франсуа Виллон». 1922 г. — это выход книги стихов «Tristia», статей «О природе слова», «Литературная Москва», «Конец романа» и «Буря и натиск», в которых упоминаются теория относительности и Эйнштейн. 1933–1934 гг. — это «пространственно-временной» и философский цикл «Восьмистишия» и насыщенный «релятивистскими фрагментами» «Разговор о Данте», а также «роковые стихи» и первый арест, начало воронежского периода.

Здесь мы обсудим следующие тексты: стихотворение «Адмиралтейство» (1913), три небольших релятивистских фрагмента из статей 1922 г. «Литературная Москва», «Конец романа» и «Буря и натиск», а также избранные «Восьмистишия» (1933–1934) и комментарии к ним Н.Я. Мандельштам и, наконец, несколько характерных мест из «Разговора о Данте» (1933).

В статье «Франсуа Виллон» (1913) упоминается «четвёртое измерение» [Мандельштам 1993, I. С. 170], а две последние строфы стихотворения «Адмиралтейство» содержат упоминания о разрыве «уз трёх измерений» и о пятой стихии, созданной человеком [Там же. С. 83–84]:

Нам четырёх стихий приязненно господство,  
Но создал пятую свободный человек:  
Не отрицает ли пространства превосходство

Сей целомудренно построенный ковчег?  
Сердито лепятся капризные медузы,  
Как плуги брошены, ржавеют якоря;  
И вот разорваны трёх измерений узы,  
И открываются всемирные моря!

Из серии фрагментов статей 1920–1923 гг. видно, что Мандельштам так или иначе был знаком с неевклидовыми геометриями, четырёхмерным пространством-временем, теорией относительности. В статье «О природе слова» мы встречаем сравнение: «Подобно тому, как существуют две геометрии — Евклида и Лобачевского, возможны две истории литературы, написанные в двух ключах: одна — говорящая только о приобретениях, другая — только об утратах, и обе будут говорить об одном и том же» [Там же. С. 219].

Конечно, О.Э. Мандельштам был близок с В.В. Хлебниковым и высоко ценил его творчество, и этот канал мог связать его с кругом релятивистских понятий. В статье «Литературная Москва» (1922) он писал о литературном критике И.А. Аксёнове [Аксёнов 1923], осветившем «принципом относительности Эйнштейна архаику Хлебникова» [Мандельштам 1993, II. С. 257]. Тогда же в статье «Конец романа» он отмечал, что кризис классического романа, «то есть фабулы, насыщенной временем, совпал с провозглашением принципа относительности Эйнштейна», сокрушившего понятия абсолютных времени и одновременности [Там же. С. 275].

В статье «Буря и натиск» (1922–1923) Мандельштам сравнивает Хлебникова с Эйнштейном, точнее их концепции времени: «Хлебников не знает, что такое современник. Он гражданин всей истории, всей системы языка и поэзии. Какой-то идиотический Эйнштейн, не умеющий различить, что ближе — железнодорожный мост или “Слово о полку Игореве”» [Там же. С. 296]. Анализ этого сопоставления дан в серии статей Т.С. Гривца, В.Л. Скуратовского и др. в сборнике «Мир Велимира Хлебникова» [Мир 2000. С. 252, 483].

Трагические для Мандельштама 1933–1934 гг. (в ноябре 1933 г. были написаны роковые стихи «Мы живем, под собою не чуя страны...» и др., а в ночь с 13 на 14 мая 1934 г. он был арестован) совпали с завершением «Разго-

вора о Данте» и созданием «Восьмистиший», насыщенных релятивистскими и пространственно-временными идеями. Начнём с «Разговора о Данте». К упомянутому кругу идей относится симметрия, в том числе и кристаллографическая. «Божественная комедия», по Мандельштаму, «есть строжайшее стереометрическое тело, одно сплошное развитие кристаллографической темы», «чудовищный по своей правильности тринадцатитысячегранник» [Мандельштам 1994, III. С. 227–228]. Несколько далее он замечает, что «математические комбинации, необходимые для кристаллообразования, невыводимы из пространства трёх измерений» [Там же. С. 240], т.е. необходимо привлечение четвёртого измерения. Затем следует поразительное сопоставление дантовского подхода с современным естественнонаучным подходом: «Я утверждаю, что все элементы современного экспериментирования имеются налицо в дантовском подходе к преданию и т.д.» [Там же. С. 241].

Переключка Данте с современностью отмечается и в других местах: «Страшно подумать, что ослепительные взрывы современной физики и кинетики были использованы за шестьсот лет до того, как прозвучал гром...» [Там же. С. 251]. Тут же беглое замечание о структуре дантовской системы мира и её связи с современной наукой (в духе концепции П.А. Флоренского, хотя ссылок на него нет): «Птолемей вернулся с чёрного крыльца!...Напрасно жгли Джордано Бруно!» [Там же]. Конечно, «Мнимости в геометрии» Мандельштаму были в целом «не по зубам», но парадоксальная релятивистская интерпретация дантово-птолемеевской системы мира не могла не привлечь внимания поэта. В этой системе он усматривал также свойственное ему и Хлебникову «опространствление» времени: «Избранный Дантом метод анахронистичен — и Гомер ... в сообществе Вергилия, Горация и Лукиана из тусклой тени орфеевых хоров... — наилучший его выразитель. Показаниями стояния времени у него являются не только круглые астрономические тела, но решительно все вещи и характеры. Всё машинальное ему чуждо. К каузальной причинности он безразличен...» [Там же. С. 256]. В черновых заметках к «Разговору» («Вокруг “Разговора о Данте”») тезисы 6 и 7 гласят: «Дант произвёл головную разведку для всего нового европейского искусства, главным обра-

зом для математики и музыки» и «Дант может быть понят лишь при помощи теории квант» (и следовало бы добавить — и теории относительности) [Там же. С. 402].

Теперь обратимся к «Восьмистишиям». Когда более четверти века тому назад я заканчивал свою книгу по истории единых теорий поля, основанных на расширении четырёхмерной псевдоримановой геометрии [Визгин 1985; *Визгин* 2006], я увидел, насколько хорошо подходят «Восьмистишия» и некоторые другие строчки из стихотворений Мандельштама к тому, чтобы использовать их в качестве эпиграфов к отдельным главам. В 1985 г. мне это не удалось, вероятно, потому, что Мандельштам всё ещё был достаточно одиозен. Зато во 2-м русском издании книги я это сделал [Визгин 2006]. Приведу некоторые «пространственные» и квазирелятивистские фрагменты из «Восьмистиший», использованные мною в качестве эпиграфов:

«И дугами парусных гонок /Открытые формы чертя,/ Играет пространство спросонок — /Не знавшее люльки дитя»; «Преодолев затверженность природы, /Голуботвёрдый глаз проник в её закон...»; «И тянется глухой недоразвиток / Как бы дорогой, согнутою в рог,/ Понять пространства внутренний избыток / И лепестка и купола залог»; «И я выхожу из пространства / В запущенный сад величин/ И мнимое рву постоянство / И самосогласье причин...» и др. [*Мандельштам* 1995. С. 227–230]

В «Восьмистишиях» пространство — первоключевое слово: оно определяет формы движения, оно допускает кривизну (его «внутренний избыток» — предпосылка геометрических структур купола и лепестка), оно связано с предпосылками опыта («И те, кому мы посвящаем опыт, /До опыта приобрели черты»); оно порождает «постоянство величин» и «самосогласье причин» и т.д. Как будто поэзия Мандельштама каким-то загадочным образом впитала в себя дух теории относительности и геометрической программы синтеза физики, и поэт в кратких, афористичных набросках выразил этот дух, пусть иногда в туманной, трудно интерпретируемой форме. Некоторую переключку «Восьмистиший» с «Разговором с Данте» отмечает Л.Г. Панова [*Панова* 2003. С. 249, 355].

Наиболее пространственный комментарий к «Восьмистишиям» был дан Н.Я. Мандельштам [*Н.Я. Мандельштам*

1990. С. 189–312]. Вот фрагменты её комментариев к некоторым восьмистишиям: «В первом (“Люблю появление ткани...” ) — появление стихотворных строк уподобляется познанию пространства — свободе движения в пространстве» [Там же. С. 238]. В третьем восьмистишии («Когда уничтожив набросок...») «тоже скрыто присутствует образ пространственный» [Там же. С. 239]. В шестом — «ветер пустыни — это то, что познает пространство — открытое, не представляющее никаких препятствий. Пространственные сравнения лежат в основе стихов о сочинительстве, а в стихах о пространстве появляется определение познавательной работы поэта: соотношение опыта и лепета» [Там же].

Заслуживают особого внимания и комментарии Н.Я. Мандельштам к остальным восьмистишиям, которые касаются таких теоретико-познавательных категорий, как пространство и бесконечность, время и вечность, причинность, Вселенная, законы природы и т.д. [Там же].

### А.И. Введенский

Недавно в журнале «Вопросы философии» появилась статья профессора Белградского университета Корнелии Ичин «Теория относительности в восприятии Александра Введенского» [Ичин 2011]. Автор ссылается на ряд текстов поэта, в основном стихотворных, относящихся, главным образом, к 1930-м годам, в которых, по её мнению, чувствуется влияние теории относительности. Перечислим их: это «Зеркала и музыкант» (1929), «Факт, теория и Бог» (1930), «Кругом возможно Бог» (1930–1931), «Серая тетрадь» (1932–1933), «Разговор о бегстве из комнаты» (1936–1937), «Последний разговор» (1936–1937), пьеса «Ёлка у Ивановых» (1938–1939). Кроме того, автор использует «Разговоры» Л.С. Липавского, которые являются «аутентичной записью ... бесед, происходивших в 1933–1934 гг. в узком кругу «чинарей» и их друзей» [Введенский 2010]. «Чинарями» с середины 1920-х годов называли себя А.В. Введенский, который придумал это слово, и Д.И. Хармс, который называл Л.С. Липавского теоретиком «чинарей». Чуть позже возникает Объединение реального искусства «Обэриу» (1926), и литераторы, вошедшие в него, стали именоваться «обэриутами».



Это — Введенский, Хармс, Липавский, а также Н.М. Олейников, Н.А. Заболоцкий, Я.С. Друскин, К.К. Вагинов, И.В. Бахтерев и др. Действительно, обэриутов, в частности Введенского, интересовали проблемы пространства, времени, причинности, но какого-то определённого влияния теории относительности на рассмотрение этих проблем в упомянутых стихотворениях поэта и в «Разговорах» Липавского не видно. В аннотации статьи К. Ичин говорится, например: «Подвергая критике логику и причинно-следственные связи, он (т.е. Введенский. — В.В.) свои сочинения строит на теории относительности» [Ичин 2011. С. 106].

«По земле едва шагаю / За собой не успеваю/ А они вдруг понеслись / Мысли — я сказал, — вы — рысь! / Мысли, вы быстры как свет, / Но услышал я в ответ: / Голова у нас болит / Бог носиться не велит / Мир немного поредел, а в пяти шагах — предел». Это из стихотворения «Зеркало и музыкант» [Введенский 2010. С. 103]. Следует ли отсюда, что Введенский «обыгрывает теорию относительности» [Ичин 2011. С. 108]? Точно так же, упоминания о «том постороннем свете» и одновременном пребывании героя «тут и там» не дает основания связать эти строчки ни с концепцией Флоренского, ни, тем более, с теорией относительности (стихотворение «Факт, теория и Бог») [Введенский 2010. С. 117].

Явным преувеличением является утверждение автора, что в стихотворении «Разговор о бегстве в комнате» [Там же. С. 228–229] «Введенский проводит испытание на прочность общей теории относительности» [Ичин 2011. С. 108]. В стихотворении максимум, что усматривается, тривиальная констатация относительности движения («Первый. Комната никуда не убегает, а я бегу... Третий. И стул беглец, и стол беглец, и стена беглянка» [Введенский 2010. С. 228]).

Кстати говоря, даже в квазитеретических дискуссиях, зафиксированных Липавским, мы не находим каких-либо явных упоминаний о теории относительности и Эйнштейне, хотя интерес к пространственно-временной тематике иногда становится заметен. Например, Липавский и его друг Д.Д. Михайлов сравнивают средневековые представления о городе и Вселенной с современными: «В средние века

и у Вселенной и у города были центр и границы ... Теперь же их нет. Вселенная бесконечна и бесструктурна и т.д.» [Введенский 2010. С. 598]. Правда, это говорит не Введенский, да и следов влияния теории относительности здесь не усматривается. Далее в «Разговорах» они же обсуждают «пространственность» древнегреческого мышления и «временность» еврейского менталитета, а Липавский добавляет, что «пространство надо не противопоставлять времени, а выводить из него» [Там же. С. 602–603]. Эта идея также противоречит смыслу теории относительности.

Чуть позже в обсуждение проблемы времени включается Н.М. Олейников, который, в противовес теории относительности, замечает «... Все теории о времени — четвёртом измерении, самые неверные и неинтересные» [Там же. С. 611]. Впрочем, Липавский пытается объяснить остальным участникам «Разговоров» смысл понятия кривизны поверхности и пространства [Там же. С. 613].

Определённый интерес представляют рассуждения Липавского о пространстве и времени, точнее их построении на основе «не только воображаемых, но и реальных опытов» [Там же. С. 640–641]. Многозначительно, но весьма туманно звучат заключительные фразы Липавского о времени: «Мы хотим распутать время, знаем, что вместе с ним распутывается и весь мир, и мы сами. Потому что мир не плавает во времени, а состоит из него» [Там же. С. 651]. Но это всё Липавский; другие участники дискуссий не вникают в эти тонкости.

Единственное место, непосредственно касающееся Введенского, это его вопрос о причинности: «А.В.(т.е. Александр Введенский. — В.В.): Правда ли, что двое учёных доказали неверность закона причинности и получили за это нобелевскую премию? Л.Л. (т.е. Леонид Липавский. — В.В.): Не знаю. Это связано, верно, с теорией квант, о которой я слышал, что там законы мира понимаются как статистические...» [Там же. С. 629]. Но эта тема не получила развития; к тому же это — не релятивизм, а кванты. Для классика литературы абсурда естественен интерес к теоретическому обоснованию беспричинности, родственной абсурду.

Вместе с тем, обэриуты — не только Введенский — были замечательными поэтами и прозаиками, их судьбы

были трагичны. Они в какой-то степени унаследовали традиции Хлебникова, они на два десятилетия опередили театр абсурда С. Беккета и Э. Ионеско. Какие-то далекие, неясные, трудно интерпретируемые связи с релятивистской и пространственно-временной тематикой ощущаются, но не более того.

### Заключительные замечания

Теория относительности — фундаментальная физическая теория, основанная на эксперименте и весьма непростой математике (теория групп, риманова геометрия и т.д.). Она радикально изменила наши представления о пространстве, времени, движении, причинности и т.п. и поразила воображение не только физиков, астрономов, математиков, но также и философов, гуманитариев, людей искусства. Релятивистская революция по времени совпала с серией социальных революций (прежде всего в России) и революционными свершениями в литературе и искусстве.

Мы попытались проследить влияние релятивистской революции на литературу и искусство и другие гуманитарные области в России 1910-х и особенно 1920–1930-х годов. В итоге картина восприятия теории относительности в России и СССР стала более полной и стереоскопичной. В ней появился целый сектор текстов и имен, характеризующих художественно-культурную сторону восприятия релятивизма в стране. Этот сектор, первоначально состоящий из двух-трёх фигур (Флоренский, Богораз), теперь включает не менее полутора-двух десятков имен. Помимо названных, это — философ и филолог А.Ф. Лосев, поэты и прозаики В.В. Хлебников, В.В. Маяковский, В.Я. Брюсов, О.Э. Мандельштам, А.П. Платонов, Е.И. Замятин, А.В. Введенский, литературоведы и философы Р.О. Якобсон, Н.Н. Пунин, М.М. Бахтин, Л.С. Липавский и др. Конечно, это движение затронуло и изобразительное искусство; мы упоминали (и даже цитировали иногда) таких художников, как Матюшин, Митурич, Филонов и др.

При написании этого текста нам пришлось затронуть современные исследования (работы В.В. Бабкова, С.С. Хо-

ружего, Л.Г. Пановой, В.В. Иванова, В.А. Шапошникова, М.Л. Гаспарова, К. Ичин и др.).

Картина получилась несколько пёстрой, так как теория относительности по-разному влияла на представителей гуманитарно-художественной культуры, да и сами её представители были фигурами разного масштаба. Всё-таки бросаются в глаза некоторые общие черты этого сектора восприятия релятивизма в России 1920–1930-х годов:

1. Резко возрос интерес к пространственно-временным аспектам художественного творчества (Флоренский, Лосев, Яacobсон, Бахтин и др.; в поэзии — Хлебников, Брюсов, Мандельштам и др.).

2. Релятивистские эффекты, фигура Эйнштейна, вообще точные науки всё чаще попадают в литературу (Замятин, Платонов, Брюсов и др.).

3. Стимулирующие релятивистские параллели приводят гуманитариев к нетривиальным открытиям или обобщениям («обратная перспектива» Флоренского, понятие хронотопа Бахтина и др.).

4. По времени основные события в рассматриваемой области были сосредоточены в первой половине и середине 1920-х годов (Флоренский, Брюсов, Хлебников, Яacobсон, Замятин, Платонов, Богораз, несколько позже Лосев, Бахтин, Мандельштам и др.).

5. Каким-то странным образом многие из наших героев попали под идеологический пресс властей и некоторые из них, в конечном счёте, погибли (Флоренский, Лосев, Мандельштам, Введенский, Замятин, Платонов, Бахтин и др.).

6. Этот блок допускает расширение. Например, есть материал по В.И. Вернадскому, С.М. Эйзенштейну и, возможно, А.А. Ухтомскому, который ввёл понятие хронотопа в биологии. Впрочем, Вернадский и Ухтомский — это, скорее, пространственно-временная проблематика в биологии, геологии и других естественных науках, не относящихся к физико-математическим. Возможно, некоторого внимания в рассматриваемом отношении заслуживают поэты и теоретики искусства А. Белый, Б.Л. Пастернак, обэриуты Д.И. Хармс и др. Наконец, более детально можно было заняться художниками русского авангарда.

## Литература

- Аксёнов* 1923 — *Аксёнов И.А.* Велемир Хлебников. Отрывок из «Досок Судьбы» (рец.) // Печать и революция. 1923. № 5. С. 278.
- Анненков* 1990 — *Анненков Ю.* Дневник моих встреч. Цикл трагедий. — М.: Советский композитор, 1990. 344 с.
- Бабков* 2000 — *Бабков В.В.* Контексты Досок Судьбы / В. Хлебников. Доски Судьбы. — М.: Рубеж столетий, 2000. С.160–287.
- Базаров* 1923 — *Базаров В.А.* Обзор научно-популярной литературы по теории относительности // Вестник Соц. Академии. 1923, кн. 3. С.322–343.
- Бахтин* 1975 — *Бахтин М.М.* Формы времени и хронотопа в романе. Очерки по исторической поэтике / М. Бахтин. Вопросы литературы и эстетики. Исследования разных лет. — М.: Худ. лит., 1975. С. 234–407.
- Богораз* 1923 — *Богораз (Тан) В.Г.* Эйнштейн и религия. — М.–Петроград: Изд. Л.Д.Френкель, 1923. 120 с.
- Брюсов* 1961 — *Брюсов В.Я.* Стихотворения и поэмы. Библ. поэта. Больш. сер. 2-е изд. — Л.: Сов. писатель, 1961.
- Брюсов* 1976 — *Брюсов В.Я.* Из неизданных и несобранных стихотворений / Литературное наследство, т. 85. Валерий Брюсов. — М.: Наука, 1976. С. 35–64.
- Брюсов* 1990 — *Брюсов В.Я.* Среди стихов: 1894–1924. Манифесты, рецензии. — М.: Сов. писатель, 1990. 720 с.
- Булгаков* 1978 — *Булгаков М.А.* Мастер и Маргарита / М. Булгаков. Белая гвардия. Театральный роман. Мастер и Маргарита: романы. — Л.: Худ. лит., 1978. С. 423–812.
- Введенский* 2010 — *Введенский А.И.* Всё. — М.: ОГИ, 2010. 736 с.
- Визгин* 1985 — *Визгин В.П.* Единые теории поля в первой трети XX века. — М.: Наука, 1985. 304 с.
- Визгин* 2006 — *Визгин В.П.* Единые теории поля в квантово-релятивистской революции: программа полевого геометрического синтеза физики. Изд.2-е, исправл. — М.: КомКнига, 2006. 312 с.
- Гаспаров* 1997 — *Гаспаров М.Л.* Избранные труды. Т.П. О стихах. — М.: «Языки русской культуры», 1997. 503 с.
- Замятин* 1990 — *Замятин Е.И.* О синтетизме / Е. Замятин. Избранные произведения. — М.: Сов. Россия, 1990. С. 410–418.
- Зельманов* 1967 — *Зельманов А.Л.* Космология // Развитие астрономии в СССР. — М.: Наука, 1967. С. 320–390.

- Ичин* 2011 — *Ичин К.* Теория относительности в восприятии Александра Введенского // Вопросы философии. 2011. № 1. С. 108–115.
- Казак* 1996 — *Казак В.* Лексикон русской литературы XX века. — М.: РИК «Культура», 1996. 493 с.
- Кедров* 2002 — *Кедров К.* Философ света // Новые Известия. 22 января 2002.
- Лосев* 1993 — *Лосев А.Ф.* Античный космос и современная наука (1927) / А.Ф.Лосев. Бытие — имя — космос. Сост. и ред. А.А.Тахо-Годи. — М., 1993. С.61–612.
- Лосев* 1990, I — *Лосев А.Ф.* Диалектика мифа (1927–1930) / А.Ф. Лосев. Из ранних произведений. Отв. ред. А.А. Тахо-Годи. — М., 1990. С. 393–599.
- Лосев* 1990, II — *Лосев А.Ф.* Страсть к диалектике. Литературные размышления философа. — М.: Совет. писатель, 1990. 320 с.
- Лотман* 1997 — *Лотман Ю.М.* Письма. — М.: Языки русской культуры, 1997. 800 с.
- Н.Я. Мандельштам* 1990 — *Мандельштам Н.Я.* Комментарий к стихам 1930–1937 гг. / Жизнь и творчество О.Э. Мандельштама. — Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1990. С. 189–312.
- Мандельштам* 1993, I — *Мандельштам О.Э.* Собр.соч. в 4-х томах. Т. I. — М.: Артбизнес-центр, 1993. 368 с.
- Мандельштам* 1993, II — *Мандельштам О.Э.* Собр.соч. в 4-х томах. Т. II. — М.: Артбизнес-центр, 1993. 704 с.
- Мандельштам* 1994, III — *Мандельштам О.Э.* Собр.соч. в 4-х томах. Т. III. — М.: Артбизнес-центр, 1994. 528 с.
- Мандельштам* 1997, IV — *Мандельштам О.Э.* Собр.соч. в 4-х томах. Т. IV. — М.: Артбизнес-центр, 1997. 608 с.
- Мандельштам* 1995 — *Мандельштам О.Э.* Полное собрание стихотворений. — СПб: Акад. проект, 1995. 720 с.
- Мир* 2000 — *Мир Велимира Хлебникова.* Статьи. Исследования (1911–1998). — М.: Языки культуры, 2000. 880 с.
- Минковский* 1935 — *Минковский Г.* Пространство и время / Принцип относительности. Сборник работ классиков релятивизма. Под. ред. В.К. Фредерикса и Д.Д. Иваненко. — Л.: ОНТИ, 1935. С. 181–213.
- Митурич* 1997 — *Митурич П.В.* Записки сурового реалиста эпохи авангарда. — Мир.: ЛИРА, 1997. 312 с.
- Панова* 2003 — *Панова Л.Г.* «Мир», «пространство», «время» в поэзии О.Э. Мандельштама. — М.: Языки славянской культуры, 2003. 808 с.
- Платонов* 1990 — *Платонов А.П.* Слышные шаги (революция и математика); Свет и социализм / А. Платонов. Чутьё правды. — М.: Сов. Россия, 1990. С. 142–144; 177–179.
- Ранние формы* 1972 — *Ранние формы искусства.* Сборник статей / Отв. ред. Е.М. Мелетинский. — М.: Искусство, 1972. 480 с.

- Ритм* 1974 — Ритм, пространство и время в литературе и искусстве / Отв. ред. Б.Ф. Егоров. — Л.: Наука, 1974. 300 с.
- Русская философия* 1995 — Русская философия. Малый энциклопедический словарь. — М.: Наука, 1995. 624 с.
- Тахо-Годи* 1993 — *Тахо-Годи А.А.* Алексей Федорович Лосев / *А.Ф. Лосев.* Бытие—имя—космос. — М.: Мысль, 1993. С. 5–30.
- Троицкий* 1993 — *Троицкий В.П.* «Античный космос и современная наука» и современная наука / Там же. С. 882–905.
- Флоренский* 1900 — *Флоренский П.А.* Том 2. У водоразделов мысли. — М.: Правда, 1990. 448 с.
- Флоренский* 1922 — *Флоренский П.А.* Мнимости в геометрии. — М.: Поморье, 1922. 70 с.
- Флоренский* 1923 — *Флоренский П.А.* Анализ пространственности и времени в художественно-изобразительных произведениях. — С.: Прогресс, 1993. 324 с.
- Хлебников* 1986 — *Хлебников В.В.* Творения. — М.: Сов. писатель, 1986. 736 с.
- Хлебников* 2000 — *Хлебников В.В.* Доски Судьбы / Сост., коммент., очерк В.В. Бабков. — М.: Рубеж столетий, 2000. 288 с.
- Хоружий* 1990 — *Хоружий С.С.* Обретение конкретности / *Флоренский П.А.* Том 2. У водоразделов мысли. — М.: Правда, 1990. С. 3–12.
- Чижевский* 1974 — *Чижевский А.Л.* Вся жизнь. — М.: Сов. Россия, 1974. С.74–79.
- Шапошников* 2011 — *Шапошников В.А.* «Плотскость мысли» (к философии математики о. Павла Флоренского) // Истор.-матем. исследования. Вторая серия. Вып. 14 (49). — М., 2011. С. 242–265.
- Якобсон* 1987 — *Якобсон Р.* Футуризм (1919) / *Р. Якобсон.* Работы по поэтике. — М., 1987. С. 414–420.

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

**ВОСПРИЯТИЕ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ  
В СОВЕТСКОЙ ФИЛОСОФСКОЙ ЛИТЕРАТУРЕ  
В 1920–1930-е годы\***

1

После революции в советской философии сформировались два направления — «механисты» и «диалектики». Они вели острые дискуссии по проблемам философии естествознания, поскольку тогда они являлись актуальными в связи с большими планами развития промышленности, электрификации и создания современной науки. Без этого невозможно было догнать и перегнать буржуазный Запад.

Естественно, что в их дискуссиях большое место занимала теория относительности. Заметим сразу, что здесь мы встречаемся с самым разным отношением к этой теории. Довольно многочисленная группа философов отвергала идеи физической относительности на научных и философских основаниях. Она рассматривала точку зрения Эйнштейна как шаг назад в эволюции новой физики и вообще научного мировоззрения. Вторая группа стремилась включить теорию относительности в философскую систему марксистского материализма. Третья принимала научный базис идей Эйнштейна и подчёркивала полную совместимость теории относительности с научной и философской системой диалектического материализма.

Механисты и их лидер А.К. Тимирязев (сын великого дарвиниста К.А. Тимирязева) были хорошо знакомы с классической физикой. Сам Тимирязев был профессором

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 09–08–00246).



физического факультета МГУ и работал в области молекулярной физики. Однако основные его работы были посвящены философским проблемам естествознания и прежде всего физики.

Механисты призывали строить диалектическую философию на естественнонаучной основе, главным образом, на физическом фундаменте. А поскольку в основе всех физических явлений лежит движение, то и физический фундамент должен быть механическим. Поэтому эта группа собиралась строить диалектическую философию естествознания на базе классической физики, в основе которой лежала механика. Естественно, что она не могла принять теорию относительности с её новым взглядом на движение, пространство и время. В то же время Тимирязев в своих работах очень популярно излагал теорию относительности и, таким образом, вольно или невольно способствовал её пропаганде.

Ещё до революции [1] он критиковал теорию относительности за умозрительность. Так же он рассматривал её и в 1920-е годы. В рецензии [2] на книгу А. Эйнштейна «О специальной и всеобщей теории относительности» (общедоступное изложение), вышедшую в русском переводе, Тимирязев подчёркивал, что относительность времени и масштаба при движении в специальной теории относительности являются только допущениями. «Есть ли необходимость, вынуждающая нас безоговорочно согласиться с этими допущениями, с которыми здравый рассудок не может, по крайней мере, сразу согласиться?» — задавал он риторический вопрос. И отвечал: «На это мы можем решительно ответить: нет! Все выводы из теории Эйнштейна, согласующиеся с действительностью, могут быть получены и часто получаются гораздо более простым способом при помощи теорий, не заключающих в себе решительно ничего непонятного — ничего сколько-нибудь похожего на те требования, какие предъявляются теорией Эйнштейна» [2. С. 72]. И тут же делал из этого философские выводы — если время и размеры предметов зависят от скорости движения, «то значит объективно вне нас существующего пространства и времени нет!» [Там же].

Рассматривая общую теорию относительности, Тимирязев утверждал: «Далее для той же цели мы должны подо-

брать определённое искажение реальной геометрии и приписать ей реальное существование. Из этого делают вывод: любая геометрия, евклидова или неевклидова, есть чистый продукт разума, не зависящий от опыта» [Там же].

И в заключение своей рецензии Тимирязев дал такую оценку теории Эйнштейна: «Ошибка здесь в том, что, приписав произвольное допущение Эйнштейна, мы потом должны подыскивать такие новые допущения, которые не дали бы нам возможности разойтись с фактами. Забыв при этом, что мы это вынуждены делать потому, что мы сделали произвольно первый шаг. И вот об этом своеобразном процессе подлаживания под действительность: шаг назад и шаг вперёд, — громогласно объявляют: сознание диктует свои законы!» [2. С. 73].

«Умозрительность» теории относительности, по мнению Тимирязева, подтверждается тогда, когда «мы вступаем на нездоровую почву так называемых “умственных экспериментов”, т.е. таких предположений, которые неосуществимы, “умственные эксперименты” хороши для иллюстрации хода мыслей в сложных вопросах, но беда, когда на них основываются, как на реальных опытах! Тогда мы неизбежно вступаем в область, где всё забронировано от опыта, и, лишившись своей верной опоры, физик неминуемо должен скатиться в область идеалистической философии, т.е. туда, где ему прежде всего придётся расстаться со всей своей наукой!» [3. С. 67– 68].

Свою позицию по отношению к теории относительности Тимирязев подробно изложил в большой работе в двух частях: «Теория относительности А. Эйнштейна и диалектический материализм» [4] и «Принцип относительности Эйнштейна и диалектический материализм» [5].

Работа начинается с утверждения, что в научной литературе всё чаще появляются статьи, содержащие возражения против теории относительности. В этих статьях, изданных в Германии, «намечаются пути к решению задач, поставленных этой «революционной теорией, при этом оказывается, что нет никакой необходимости принимать многочисленные парадоксальные и в то же время недоказуемые с физической точки зрения гипотезы, которыми изобилует теория Эйнштейна» [4. С. 142]. Что это за пути, Тимирязев не сообщил, указав только, что проверка фор-

мулы Эйнштейна, выражающей зависимость массы электрона от его скорости, якобы показала, что эта формула неверна. Правда, Тимирязев добавляет, что Зоммерфельд, проводивший эти опыты, подтвердил формулу Эйнштейна, но, похоже, Тимирязев этому не верит.

Что же касается трёх классических предсказаний теории относительности, то, по мнению Тимирязева, они «оказались очень и очень далёкими от сколько-нибудь серьёзной опытной проверки» [4. С. 142–143].

Далее Тимирязев рассказывает о двух главных основных постулатах специальной теории относительности — принципе относительности и принципе постоянства скорости света. Первый, говорит Тимирязев, открыл Галилей. Что же касается второго, то «*опытов, доказывающих постоянство скорости света, никто нигде и никогда не производил*» (разрядка Тимирязева) [4. С. 145]. По его мнению, опыт Майкельсона не позволяет говорить о постоянстве скорости света, поскольку свет там проходил одинаковые расстояния за одинаковое время. Поэтому Тимирязев делает вывод, что «теория относительности пока что искусно забронирована от опыта, недоступна практической опытной проверке» [4. С. 149]. И тут же упоминает об опытах Дейтона Миллера, якобы опровергающих опыты Майкельсона.

Затем Тимирязев переходит к эфиру. По его мнению, эфир есть. «Волны света и радиотелеграфа движутся в эфире, говорит физик, не допускающий возможности существования волн без существования того, что волнуется», — пишет он [4. С. 152].

Во второй части статьи Тимирязев рассуждает об измерении времени и сокращении масштабов в движущихся системах координат. Он обсуждает пример из работы С.Ю. Семковского (см. ниже), где тот показывает, что первый наблюдатель сокращается «не сам в себе», а с точки зрения стороннего второго наблюдателя, тогда как тот сам тоже не сокращается «сам в себе», а только с точки зрения первого наблюдателя. Эти сокращения Семковский называет «перспективными» по аналогии с изменением видимых размеров предметов по мере их удаления. Эту ситуацию, справедливую с точки зрения теории относительности, Тимирязев комментирует так: «хитросплетения Эйнштейна насчёт различных координатных осей и часов — это одно дело, а тот

реальный действительный мир, который изучают не только физики и химики, но и кузнецы, и молотобойцы, — совсем другое дело. Пусть там, на бумаге, испещрённой формулами, выходит, что кто-то где-то сокращается, или у кого-то часы пошли медленнее: всё это мне только кажется благодаря какой-то перспективе. А ведь должен же быть способ узнать, как на самом деле кто-нибудь или что-нибудь сократился, или какие часы отстают и какие нет. Пусть существует великолепный принцип Эйнштейна, но существует же и настоящая наука» [5. С. 96].

Этот абзац показывает, что на самом деле Тимирязев, воспитанный на классической физике, не понимал и не принимал новые взгляды на пространство, время и движение.

Особенно чётко это проявилось, когда Тимирязев рассматривал некоторые положения общей теории относительности. Он утверждал, что и по Эйнштейну системы Птолемея и Коперника равноправны! Тимирязев пишет: «движение Земли и Солнца среди звёзд — это реальности, это — пусть несовершенное — отражение абсолютной истины. Эйнштейн же хочет нас отбросить к временам до Коперника и сделать неясным то, что стало ясным Копернику! [5. С. 103].

Далее Тимирязев рассмотрел экспериментальные доказательства справедливости теории относительности. О зависимости массы электронов от скорости мы уже говорили. Астрономические наблюдения искривления лучей света гравитационным полем Солнца Тимирязев считает не убедительными. Смещение перигелия Меркурия, по Тимирязеву, хорошо описывается формулой Гербера, но на самом деле эта формула и формула Эйнштейна даёт для смещения  $42''$ , тогда как по последним данным оно всего  $34''$ . Смещения спектра в красную сторону вследствие тяготения, по Тимирязеву, просто не существует.

В заключение Тимирязев обсуждает вопрос об отношении теории относительности к диалектическому материализму. Он пишет: «Мы имеем ряд произвольно подобранных декретов, касающихся геометрии и некоторой части физики, которые навязываются природе. А для того чтобы сохранить внешние выражения открытых раньше нормальным путём научного исследования законов природы, мы подбираем надлежащим образом другую часть законов

природы, например, изменения длины, масштабов и хода часов так, чтобы всё сохранилось по-прежнему. Секрет успеха такого «революционного» метода заключается в том, что в отдельности все эти «положения» и декреты проверить при современном состоянии науки и техники нельзя. В тех же немногих случаях, где теория стремилась указать на новые факты — она дала осечку.

Даёт ли всё это вместе взятое основание считать теорию относительности революцией в науке и торжество диалектического материализма, — предоставляем судить читателю» [5. С. 114].

Естественно, что Тимирязев приветствовал и широко пропагандировал результаты новых интерференционных экспериментов (типа опытов Майкельсона–Морли), якобы подтверждающих влияние движения Земли на скорость света и, следовательно, опровергающих принцип относительности. Эти опыты были проведены в 1921–1925 гг. Дейтоном Миллером. Тимирязев опубликовал переводы его статей [6–8] в журналах «Под знаменем марксизма» и «Воинствующий материалист».

В своих комментариях к этим статьям Тимирязев подчёркивал принципиальную важность результатов Дейтона Миллера. «Вся специальная теория относительности, — писал он, — перестала существовать, так как она построена на преобразованиях Лоренца–Эйнштейна, эти преобразования опирались на принцип постоянства скорости света, а этот принцип теперь опровергнут 9000 тщательнейших измерений!» [9].

Тимирязев рассказал об опровержении теории относительности даже в газете «Известия» [10]. Подробно описав саму постановку опытов Дейтона Миллера, он посетовал на то, что это «эпохальное достижение» было принято весьма сдержанно, хотя её результаты опровергают теорию относительности. Многие специалисты подозревают наличие в этих опытах систематической ошибки. Но Тимирязев объясняет это следующим образом: «Всем известно, что теорией относительности весьма охотно пользуются для борьбы с материализмом. Отсюда ясно, что если рушится теория, то рушатся сами собой и все толки об опровержении материализма, а это в эпоху революций крайне невыгодно для капиталистического мира; поэтому вовсе не входило

дит в его интересы распространять какие-либо сведения о том, что почва у тех, кто опровергает “зловредный материализм”, ушла уже из-под ног» [10].

На эту статью Тимирязева ответил академик А.Ф. Иоффе, причём тоже в общественно-политической газете «Правда» [11]. Он подробно описал все предсказания теории относительности и показал, что все они блестяще подтвердились. Иоффе проанализировал ошибки, которые могли повлиять на результаты опытов Дейтона Миллера, причём подтвердил их возможность своими наблюдениями в лаборатории, где эти опыты проводились. Специально, как ответ Тимирязеву, Иоффе остановился и на философских аспектах теории относительности. «Теорию относительности у нас иногда рассматривают в связи с вопросом о материализме и идеализме, — писал он. — Казалось бы очевидным, что теория, описывающая материальные явления и физические процессы в материи, не может противоречить материалистическому миропониманию, если только она стремится возможно лучше описать свойства материи... Теория относительности в данное время есть наилучшее описание наблюдаемых в природе свойств вещества и единственное, не встречающее ни одного противоречия в известных до сих пор явлениях. Поэтому, я бы сказал, что при данном состоянии нашего знания теория относительности — наилучшее основание для материалистического мировоззрения» [11].

На статью Тимирязеву отреагировал и известный популяризатор науки Я. Перельман [12]. В газете «Вечерняя Москва» он рассказал об опытах Миллера (так у Перельмана) и о шуме, который подняли по этому поводу в американской прессе антиэйнштейнианцы. «Торжество их было непродолжительным, — писал Перельман. — Видные знатоки предмета (Эддингтон в Англии, проф. Я.И. Френкель у нас) с самого начала предостерегали от увлечения, указывая на сомнительные пункты в толковании выполненного опыта. И они оказались правы. На съезде германских физиков в Брауншвейге (в феврале 1920 г.) проф. Томашек доложил о произведённой им проверке опыта Миллера на горе Юнгфрау, на высоте, вдвое выше той, на которой работал Миллер, и при обстановке, исключаяющей всякие сомнения в доброкачественности результатов. Никакого влияния движения Земли на скорость света замечено не было... *Словом, атака*

*на теорию относительности блестяще отбита, и едва ли когда-нибудь будет повторена» [12].*

Но Тимирязев продолжал пропагандировать опыты Дейтона Миллера. Он рассказал о них на V съезде русских физиков, проходившем в Москве в декабре 1926 г. [13]. В отчёте о Съезде, подписанном аббревиатурой Г.Е. и опубликованном в журнале «Под знаменем марксизма» [14], об этом докладе говорится: «Доклад т. А.К. Тимирязева с его известной точкой зрения на опыты Дейтон[а] Миллера встретил весьма сильное и, кажется, веское возражение со стороны А.Ф. Иоффе. Последний указал на большую грубость и научную несостоятельность опытов Дейтона Миллера, не соблюдавшего, по словам очевидца А.Ф. Иоффе, элементарных правил научного экспериментирования. Приведём здесь всего лишь одну мысль А.Ф. Иоффе, который говорил, что если сейчас опыты Дейтона Миллера дают результаты, согласные с теорией, то обстановка опыта настолько несовершенна, что ничего не было бы удивительного, если бы эти опыты дали результаты в несколько раз превосходящие теоретические данные. В настоящее время известный физик-экспериментатор Милликен заново производит опыты Дейтона Миллера по всем правилам научной техники. Нужно ждать результатов его опытов» [14. С. 141].

Ответ Тимирязева не заставил себя долго ждать [15]. В своей статье он, как мог, защищал результаты Дейтона Миллера и не преминул опять поставить под сомнение наблюдения по искривлению луча света и смещению спектра в поле тяготения. Здесь Тимирязев сослался на авторитет известного астронома Фесенко, который высказал сомнения по поводу достоверности этих наблюдений.

Б.М. Гессен и В.П. Егоршин (как нетрудно догадаться, они были авторами статьи [14]), ответили Тимирязеву в том же журнале [16]. Эти философы безоговорочно поддерживали теорию относительности (см. ниже). Они прежде всего заметили, что журнал «Под знаменем марксизма» не место для ведения полемики по специальным вопросам физики, однако Тимирязев, отрицая теорию относительности, не опубликовал ни одной статьи в физических журналах. Поэтому они обсуждали только методологические установки Тимирязева, которые и привели его к отрица-

нию теории относительности. Гессен и Егоршин подчеркнули, что Тимирязев стоит на позициях механического материализма и поэтому всё, что не укладывается в его рамки (в том числе и теория относительности), по его мнению, является идеализмом, махизмом и т.п. По Тимирязеву, «или материализм — и тогда никакой теории относительности, или теория относительности будет доказана, и тогда махизм торжествует победу» [16. С. 194]. И авторы напоминают Тимирязеву положение классиков о том, что «с каждым, составляющим эпоху, открытием, материализм должен изменять свою форму». «Если в настоящее время теория Эйнштейна ещё не является строго доказанной экспериментально, то марксистская методология должна ждать окончательного разрешения физического вопроса физическими методами, обрубая всякую руку, пытающуюся использовать этот вопрос (как до, так и после экспериментального подтверждения) против махистской, фикционистской и всякой другой идеалистической философии» [16. С.194], — подводят итог Гессен и Егоршин.

С критикой опытов Дейтона Миллера выступали ведущие физики О.Д. Хвольсон [17], А.Ф. Иоффе [11], С.И. Вавилов [18]. Все они сходились в том, что эти опыты по своей постановке некорректны и ничего не доказывают. При этом старейший русский физик Хвольсон счёл необходимым ответить Тимирязеву на его обвинения теории относительности в антиматериализме: «Странная мысль об антиматериалистической основе теории относительности всецело принадлежит только одному проф. А.К. Тимирязеву, который уже давно и настойчиво её проповедует, не находя сторонников в немногочисленном кругу истинных знатоков этой теории» [17. С. 1230].

Пропагандировал Тимирязев и другие сочинения, опровергающие теорию относительности. Так, под его редакцией вышла книга П. Ленара «О принципе относительности, эфире, тяготении» (критика теории относительности). В то же время о только что вышедшей брошюре Эйнштейна «Эфир и теория относительности» Тимирязев писал: «Должен откровенно сознаться: большего «научного черносотенства» в жизни своей не читал в специальной литературе» [19].

Наиболее ясно позиция Тимирязева по отношению к методологическим аспектам теории относительности про-



явилась в его докладе на заседании Коммунистической академии в 1925 г. Доклад назывался «Теория относительности Эйнштейна и махизм» [20]. В этом докладе Тимирязев поставил цель «показать, что для выполнения своей работы Эйнштейну необходимо была вполне определенная теория познания, которая более близка к теории познания Маха» [20. С. 229].

Для Эйнштейна, писал Тимирязев, причиной любого физического явления «есть факт, наблюдаемый на опыте». Но такой «факт» должен быть непосредственно ощущаем. «Это есть то, что с точки зрения Маха называется “элемент”, или что, по существу, есть “ощущение”», — делает вывод Тимирязев [20. С. 237]. А отсюда следует, что для Эйнштейна «факты» лишь «комплексы ощущений». Дальше Тимирязев приписывает Эйнштейну и вовсе странное утверждение — якобы «по Эйнштейну, система пространства и времени — это есть результат наших измерений, которые каждый наблюдатель производит своими масштабами и своими часами» [20. С. 249]. Напомнив, что при сличении масштабов и часов кардинальную роль играет постоянство скорости света, Тимирязев тут же заявляет, что в этом он серьёзно сомневается. «В заключение, — пишет Тимирязев, — я должен сказать, что подобного рода философия, которая положена в основу теории относительности, является помехой для настоящей исследовательской работы естествознания, которая состоит всё-таки — по-старому — в изучении того, что есть» [20. С. 252].

Этот доклад подвергся резкой критике [21]. А.А. Богданов согласился с Тимирязевым, «что Эйнштейн в основах своей теории — махист» [21. С. 358]. Но, — говорит Богданов, — теория относительности «вызвала колоссальное движение, массовую работу научной мысли, дала огромный стимул развитию физики» [21. С. 363]. И кроме того, в последнее время подтвердилось явление, предсказанное теорией относительности — красное смещение спектра в поле тяготения Солнца. Закончил Богданов так: «Всякий научный комплекс сложен, и наука шаг за шагом идёт по всё более полному и точному познанию. Если и с теорией относительности у нас окажется, что не всё так, то мы сделаем только шаг вперёд... Во всяком случае, в истории физики это большой прогресс, а не реакционный шаг, как

выходит в изложении Аркадия Клементовича (так в тексте) Тимирязева» [21. С. 363].

В.А. Базаров, наоборот, считает, что «теоретико-познавательные утверждения Эйнштейна представляют собой элементарные предпосылки всякой научной теории, одинаково обязательные и для махиста и для материалиста. С теми специфическими особенностями махизма, которые отличают этот последний от материализма, — т.е. с теорией “элементов” и постулатов “чистого описания” — теория познания Эйнштейна, как она изложена докладчиком, не имеет ничего общего» [21. С. 365].

О.Ю. Шмидт начал своё выступление с того, что прямо заявил, что «идеология какого-то живущего в Берлине профессора нас не интересует..., но важно объективное значение его физического учения» [21. С. 365]. И здесь он совершенно не согласен с Тимирязевым. По мнению Шмидта, споры о теории относительности возникли, во-первых, из-за неудачного названия (его сразу подхватили философы-релятивисты), во-вторых, из-за того, что эту теорию оккупировали формалисты-математики. Шмидт считает, что независимо от всего Эйнштейна надо «использовать, отвоевать у буржуазной науки того, что у него есть ценного» [21. С. 368]. Шмидта поддержали В.Ф. Каган и Я.М. Шатуновский.

В своем заключительном слове Тимирязев с критикой не согласился. Он опять защищал свои тезисы об абсолютном пространстве и об эфире.

Со временем Тимирязев от критики теории относительности дошёл до широких обобщений, обвинив всю современную физику в идеализме [22, 23]. «Физический идеализм» стал на многие годы объектом критики со стороны советских философов и философствующих физиков.

Вслед за Тимирязевым за теорию относительности взялся другой механист физик И.Е. Орлов. В своей работе [24] он сопоставляет основные положения классической физики, которую он считает правильной, с основными положениями теории относительности. Он пришёл к выводу, что «математическая сторона специальной теории относительности не противоречит классической физике, но физическая интерпретация теории, какую развивает Эйнштейн, является для классической физики неприемлемой» [24.

С. 60]. Главную атаку Орлов ведёт на постулат о постоянстве скорости света: «Основная посылка Эйнштейна — инвариантность (постоянство) относительной скорости света для всякой инерциальной системы — решительно противоречит духу классической физики... Такое воззрение классическая физика может принять только как фиктивный математический приём для описания фактов, но ни в коем случае не может в нём видеть окончательного реального закона распространения света» [24. С. 61]. По мнению Орлова, классическая физика не знает истинного закона распространения света и «не может поставить крест на истинном законе распространения света и сказать — *ignorabimus* (никогда не узнаем). А только в этом случае можно было встать на точку зрения Эйнштейна» [24. С. 65].

Кроме того, «классическая физика не может признать допущения четырёхмерного мира — всякое сведение физических зависимостей к геометрическим равносильно превращению обусловленных зависимостей в безусловные; природа в опыте нигде не дает безусловных зависимостей, повсюду мы должны искать условий и вставлять промежуточные причинные звенья» [24. С. 65].

Переходя к обсуждению общей теории относительности, Орлов заявляет, что классическая физика, признавая аналогию между тяжестью и ускорением, решительно отвергает их полную эквивалентность. Реальные гравитационные поля, пишет Орлов, образуются массами, в то время как в ускоренных системах возникает фиктивная тяжесть.

В заключение Орлов считает, что все опыты и наблюдения, согласующиеся с теорией относительности, нельзя считать доказательствами справедливости этой теории, потому что во всех этих экспериментах используются «ньютоновские привилегированные оси координат». Поэтому, считает Орлов, результаты этих опытов и наблюдений говорят об ассимиляции теории Эйнштейна классической физикой, поскольку все полученные в теории относительности предсказания могут быть истолкованы с позиций классической физики. Другие же предсказания проверить пока невозможно, так как они в корне противоречат классической физике. Это, например, «парадокс близнецов».

«Итак, мы видим, — пишет Орлов, — что вовсе не относительность движения создает пропасть между классичес-

кой физикой и теорией Эйнштейна, но общий философский релятивизм последней: относительность всякой реальности... Основная черта релятивизма заключается в том, что математические приёмы, удобные для разрешения тех или иных задач из области теоретической физики, превращаются им в абсолютные законы природы — своего рода математический фетишизм» [24. С. 75].

Философскую оценку теории относительности Орлов развил в специальной работе «Задачи диалектического материализма в физике» [25]. «В развитии своей теории, — пишет он, — Эйнштейн применяет к делу своё понимание причинности. Он повсюду стремится наиболее общим образом описать явление, не заботясь об их объяснении. Гипотезы, к которым прибегает Эйнштейн, носят абстрактно-математический характер; реальные свойства вещества заменяются формальными свойствами некоторых систем. Эйнштейн стремится выводить явления из нескольких абстрактных постулатов, приспособляя для этой цели грандиозный математический аппарат. Таким образом, очевидно, что Эйнштейн продолжает дело Маха и символистов» [25. С. 13]. В связи со сказанным Орлов видит задачу диалектического материализма по отношению к теории относительности в том, что «основные посылки Эйнштейна должны быть обработаны ножом логического анализа, который и выяснит их происхождение от условных соглашений математиков-символистов и таким образом вскроет идеалистическую природу метода Эйнштейна» [25. С. 14].

Ещё один представитель механистов З.А. Цейтлин хотя и критиковал теорию относительности, но и пытался согласовать её с диалектическим материализмом [26]. Он считал, что опыты Майкельсона — «это великая победа механической картины мира и, следовательно, диалектического материализма, который полагает, что все явления природы — это движение материи» [26. С. 106]. Для того чтобы объяснить эти опыты, писал Цейтлин, было предложено два пути — материалистический путь Лоренца-Фицджеральда (реальное сокращение длины тела, зависимость времени и массы от скорости) и идеалистический путь Эйнштейна (относительное сокращение длины тела, относительная зависимость времени и массы от скорости).

«Внимательный читатель, полагаю, давно заметил, — писал Цейтлин, — в чём схоластическая основа метода Эйнштейна:

1. Он не понимает, что эфир, т. е. абсолютное пространство, именно «привилегированная система» как мир «вне нашего сознания».

2. Он усвоил только первую часть принципа относительности Декарта. Согласно Декарту, ни один из наблюдателей не вправе себя считать в покое, а каждый должен полагать, что как он, так и сосед движутся — иначе каждый рискует попасть в анекдот Вольтера с клопами.

3. Пользуясь тем, что всякий школьник знает «или, по крайней мере, думает, что знает», что такое постоянство скорости света в пустоте, А. Эйнштейн фактически исходя из лоренцевского эфира, даёт идеалистическую интерпретацию теории, в чём каждый может убедиться, внимательно проследив эйнштейновский вывод трансформации Лоренца. Но так как школьники страшно пугаются формул, то обычно за этими формулами не замечают действительности.

Подводя итог, скажем: специальная теория относительности Эйнштейна — схоластическо-идеалистическая интерпретация теории Лоренца–Фицджеральда, как таковая, должна быть отвергнута» [26. С. 120–121].

Совсем иначе Цейтлин подходил к общей теории относительности. Он писал: «Как указано выше, специальная теория относительности Эйнштейна покоится на двух постулатах:

1. Принцип чистой относительности движения (модальности).

2. Принцип постоянства скорости света в абсолютной пустоте.

В общей теории относительности Эйнштейн отказался от второго постулата, т.е. от постоянства скорости света и от абсолютной пустоты.

Это даёт возможность без лишних рассуждений немедленно же формулировать тезис об отношении общей теории относительности к материализму: так как схоластический (идеалистический) элемент учения Эйнштейна заключался во втором постулате, то с его устранением это учение надо считать вполне согласующимся с принципами материализ-

ма, в том именно, что оно формально принимает первую часть, а фактически, как будет показано ниже, принимает и вторую часть диалектического постулата Декарта: движение одновременно и модально и реально» [26. С. 132].

И в заключение Цейтлин сформулировал «тезисы об отношении теории относительности к диалектическому материализму»:

1. Основа диалектического материализма: а) в понятии единой реально протяженной материи (субстанции) — пространства как физического тела, б) в понятии движения как модальности и реальности (качества).

2. Постольку поскольку «Специальная теория относительности» в интерпретации Эйнштейна отвергает первое понятие, хотя частично признаёт второе, она является противоречащей диалектическому материализму.

3. Постольку поскольку «Общая теория относительности» признаёт первое понятие и фактически второе (формально лишь отвергая реальность движения), она находится в полном согласии с принципами диалектического материализма.

4. В интересах диалектического материализма желательно, чтобы дальнейшая эволюция Эйнштейна пошла по направлению формального (*de jure!*) признания реальности движения и этим уничтожила возможность схоластического использования авторитета этого мыслителя.

5. Независимо от этого теория Эйнштейна должна рассматриваться как важнейший шаг на пути научного исследования природы пространства (материи и движения), подобно тому, как закон тяготения Ньютона, несмотря на мистико-идеалистическое его истолкование, рассматривался мыслителями как важное орудие познания и привел к созданию «небесной механики» [26. С. 131].

Естественно, что эта работа Цейтлина не понравилась Тимирязеву. В своей статье [5] он предъявил Цейтлину целый ряд претензий. Главная касается трактовки опытов Майкельсона. Тимирязев пишет, что эти опыты не нарушают первый постулат теории (см. выше), как об этом говорил Цейтлин. «Мне совершенно непонятно, почему тов. Цейтлин, также отвергающий постулат постоянства скорости света и называющий его «великим эмпирическим софизмом Эйнштейна», не видит, что первое положение ни-

сколько не нарушено, если эфир не принимает участия в движении земли. Тогда по отношению к нему можно определить относительное движение земли», — писал Тимирязев [5. С. 151]. Далее Тимирязев обвинил Цейтлина в путанице по вопросу об эфире. Он писал, что, по Цейтлину, к эфиру как к целому неприменимо понятие движения.

Как мы уже знаем, взгляды Тимирязева и Цейтлина на общую теорию относительности совершенно противоположны. Тимирязев считал её продолжением специальной теории относительности и отвергал её целиком. Цейтлин не считал её таковой и принимал целиком. Кроме того, в работе [5] Тимирязев критиковал Цейтлина за принятие относительного времени в противовес абсолютному времени Ньютона.

Цейтлин опубликовал свой ответ Тимирязеву в конце 1924 г. [27]. «Прежде всего об общей позиции тов. Тимирязева, — начинал свой ответ Цейтлин. — Мне кажется, что он, скорее, обсуждает вопрос о физической верности теории Эйнштейна, нежели о её соответствии материализму» [27. С. 159]. В связи с этим, Цейтлин опять коротко повторил свои основные позиции. Отвечая на замечание об опытах Майкельсона, Цейтлин писал, что судьба диалектического материализма нисколько не зависит от отрицательных результатов опыта Майкельсона. «И даже как будто наоборот, — продолжал он, — удайся опыт Майкельсона, мы открыли бы, наконец, столь желанный эфир, значение которого для материалистической философии огромно» [27. С. 161]. Для Цейтлина неудача опытов Майкельсона служит подтверждением его точки зрения на эфир как «первую материю», движение в которой осуществляется вихревым и поступательным движением самого эфира.

Говоря о понятии времени в теории относительности, Цейтлин писал: «Признавая положительную сторону работы Эйнштейна, мы должны иметь в виду и отрицательную сторону — отрицание реальности движения, т.е. абсолютного времени. Вообще говоря, всю идеалистическую шелуху учения можно отбросить как нечто, обусловленное эпохой и её влиянием, принимая лишь здоровое зерно теории. А это здоровое зерно заключается: а) в принципе относительности движения, б) в признании пространства физичес-

ким телом, в) в изучении этого тела, т.е. в теории полей тяготения» [27. С. 165].

Тимирязев остался недовольным ответом Цейтлина и написал ответ [28]. Естественно, он ни в чём не согласился с Цейтлиным и повторил снова свои возражения.

Эта дискуссия, наверное, продолжалась бы бесконечно, но редакция журнала «Под знаменем марксизма» приняла своё решение: «Ответом т. А.К. Тимирязева редакция считает полемику между ним и т. Цейтлиным по данному вопросу в данной плоскости исчерпанной» [28. С. 168].

## 2

Диалектики, или деборинцы, названные так по имени главного редактора официального идеологического органа партии «Под знаменем марксизма» А.М. Деборина, считали диалектический материализм венцом человеческой мысли, высшей формой мышления, с которой должны согласовываться низшие формы мышления, которые работают в естественных науках. Поэтому, считали деборинцы, если полученные в этих науках результаты не согласуются с диалектическим материализмом, то они заведомо ложные.

Естественно, что при таком подходе, деборинцы считали теорию относительности неправильной, а её методологические выводы идеалистическими. Вот что писал Деборин о теории относительности в своей книге «Ленин как мыслитель»: «Когда Ленин писал свою книгу о материализме и эмпириокритицизме, он не мог предвидеть, что теория относительности действительно станет на такую точку зрения, по которой “после” и “раньше” могут меняться местами. Вовсе не обязательно, оказывается, что я раньше родился, потом постепенно состарился и умер. С точки зрения теории относительности, я могу начать свою жизнь с конца и постепенно дойти до рождения. Эта софистика, опрокидывающая весь мир, всю жизнь и всю нашу практику, покоится на тех же гносеологических принципах, что и махизм, юмизм и пр. К счастью, дело обстоит в действительности несколько иначе — время обратимо, может быть, в фантазии, в мире отвлеченных понятий, но не в мире реальности» [29. С. 44].



Философ Деборин в физике понимал мало, не говоря уже о новых идеях этой науки. Надо отдать ему должное — он быстро понял свою некомпетентность и никогда больше ни он, ни его ученики не выступали против теории относительности.

Но в среде диалектиков многие философы считали необходимым согласовать теорию относительности с марксистской философией.

Философ А. Гольцман был ярким сторонником теории относительности, которую он рассматривал как важный поворотный пункт истории научной мысли. В своей большой работе «Наступление на материализм» [30] он выступал против её идеалистической интерпретации некоторыми иностранными, а также отечественными авторами, среди которых первое место занимали А.В. Васильев [31] и А.К. Тимирязев [32]. Эти авторы утверждают, что теория относительности лишила пространства последних остатков физической реальности — они лишь «врожденные идеи нашего духовного естества». Гольцман показал, что «идеалистическая путаница понятий о пространстве целиком упраздняется теорией относительности Эйнштейна. Она отбрасывает «критические» предположения о «трансцендентальности» пространства в «чистых воззрениях» математиков. Вместе с тем, она отказывается также от бытия метафизического абсолютного пространства, равного самому себе. Взамен этого она выдвигает взгляд на пространство как на физическое свойство тел, подверженное действию диалектических законов движения» [30. С. 89]. Что же касается «мирового пространства» — Вселенной, то Гольцман напомнил своим оппонентам, что и эта проблема решается Эйнштейном «с точки зрения диалектического материализма»: Вселенная, заполненная материей, плотность которой отлична от нуля, может быть только сферической или эллиптической.

Гольцман опровергает идеалистический тезис о том, что в теории относительности «познаваемые нами свойства материи в действительности представляют лишь “отношения”, т. е. законы отношений, за спиной которых не стоит ничего физически реального» [30. С. 91]. Он утверждал, что теория относительности выяснила неразрывную связь массы и энергии, подтвердив тем самым основ-

ной тезис диалектического материализма — нет материи без движения.

В заключение Гольцман суммировал гносеологические выводы, вытекающие из теории относительности:

«1. Важнейшее и единственное основание для сомнения существования вещей отвергается. Вещи существуют не только в сознании человека, но и в действительности.

2. Чувственное познание вещей ограничено. Оно приводит нас к геометрии практически твёрдых тел — к Евклиду.

3. Внутренние процессы вещества, недоступные органам чувств, познаются нами путём умозаключения на основании данных опыта. Этот вторичный акт познания есть гипотеза.

4. Гипотеза проверяется дополнительными органам чувств орудиями познания и превращается в теорию. Теория очень часто представляет нам вещи в таком виде, в котором они чувственно «непознаваемы» (т.е. не познаются органами чувств или специальными орудиями на современной стадии развития последних). Так, например, геологические изменения земного шара для нас были бы совершенно непонятны, если бы мы не были в состоянии построить гипотезу, проверенную дальнейшими изысканиями» [30. С. 98–99].

Отсюда вывод: «теория относительности даёт наиболее полное подтверждение материалистическому мировоззрению и именно диалектическому материализму» [30. С. 100].

Эта статья вызвала интересную полемику. На Гольцмана набросился Тимирязев [33]. Он обвинил его в незнании физики и в страшной путанице в фактическом материале теории относительности. Но не это волновало Тимирязева — его возмутило утверждение Гольцмана, что теория относительности полностью соответствует диалектическому материализму. Он писал: «Вообще всё, что у Эйнштейна похоже на диалектику, всё это относится к тому, что лежит за пределами опыта (в общечеловеческом смысле этого слова, не махистском). События могут быть одновременны и одновременно не одновременны. Длина моего стола может быть одновременно и такой, какую я намерил линейкой, и одновременно какой угодно другой. Всё это очень диалектично, но, к сожалению, недоступно для нас и, по Эйнштейну, принципиально недоступно... Таким образом, эта диалектика застрахована от опытной проверки, и все метафизики могут спать спокойно — их эта диалек-

тика не укусит. Те же части теории Эйнштейна, которые касаются доступного непосредственному измерению и наблюдению, поражают своей метафизикой» [33. С. 239–240].

Гольцман тут же ответил на критику [34]. Он оставляет в стороне упрёки Тимирязева в умозрительности и недоказуемости конкретных физических принципов теории относительности. По его мнению, это не даёт оснований к философской оценке теории. «Материализм сохраняет полный и безусловный нейтралитет по отношению к физическим основам теории Эйнштейна. Он может высказываться исключительно с точки зрения философской её приемлемости», — писал Гольцман [34. С. 118]. Он показывает, что теория относительности удовлетворяет основному требованию материализма — признаёт существование материи. Далее, опираясь на ленинскую работу «Материализм и эмпириокритицизм», Гольцман утверждает, что связь массы и энергии не противоречит диалектическому материализму. Отвергая критику Тимирязева о том, что неевклидова геометрия это идеализм, Гольцман опять говорит: «Материализм опять-таки в математике, как и в физике, не намерен предоставлять монополии той или иной теории» [34. С. 125]. В заключение он писал: «Тов. Тимирязев является противником Эйнштейна. Это его дело. Но он хочет доказать, что за Эйнштейном стоят лишь реакционеры. Это уже совершенно напрасные потуги. Преобладающее большинство современных физиков признает принцип относительности. В сущности говоря, вместе с Тимирязевым стоит ничтожная кучка учёных, заслуги некоторых из них перед наукой можно оспаривать. Особенно сильно ссылается Тимирязев на проф. Ленара... Ленар заматерелый черносотенец, жидоед, прославившийся не столько своими научными открытиями, сколько католически-черносотенными выступлениями. И вот эта фигура лысого профессора-паписта является столпом современного похода против принципа относительности!» [34. С. 126].

Тимирязев тут же ответил [35]. Лейтмотив его ответа: «знать то, о чём говоришь и пишешь, — это такое правило, которое должно соблюдаться всеми, без всякого исключения» (выделено мною. — А.С.) [35. С. 127]. Он упрекает Гольцмана в элементарном невежестве в области физики и

в философском «учванстве»<sup>1</sup>. Тимирязев опять повторяет с его точки зрения неприемлемые положения теории относительности: равноправие систем отсчёта, связанных с Землёй и с Солнцем, отрицание эфира, эквивалентность энергии и материи, необходимость неевклидовой геометрии. Он защищает Ленара, считая его выдающимся физиком, но признает, что тот «черносотенец и антисемит». Интересно, что в своём ответе Тимирязев не акцентировал внимание на философской оценке теории относительности.

Наиболее агрессивный член этой группы А.А. Максимов начинал как механист, и его позиция была близка к позиции Тимирязева, но в отличие от него Максимов признавал положительные моменты в теории относительности (см. ниже). Его взгляды той поры хорошо видны из его статей, посвященных обзору научно-популярной литературы по теории относительности и дискуссии о ней в Германии [36–38].

Первый обзор Максимов начинает как истинный марксист: «В переживаемую нами эпоху развала капитализма и перехода власти к пролетариату, отмеченный процесс дошёл до своего крайнего предела и сказался даже в области точных наук, причём и здесь (и это очень важно отметить) буржуазия в лице, защищающих её интересы учёных встала поперёк прогресса, именно, прогресса науки. Создалось такое положение, что как рамки капиталистического строя оказались тесными для нарождающихся внутри него новых форм производства, так и новые факты и дальнейший рост науки требуют как изменений в основных принципах науки, так и во всей её организации.

Несомненно, что принцип относительности возник в связи с таким перерастанием содержания науки её старых форм и пытается разорвать их, т.е. является своего рода революцией в науке, и интересно, что буржуазными учёными как бы делается всё, чтобы затемнить истинный смысл происходящего в науке и как бы затормозить его» [36. С. 17].

Вот с этих позиций Максимов и рассматривает теорию относительности. Максимов писал, что после неудачных опытов Майкельсона учёные наконец-то обратили внимание на недостатки механики Ньютона. «Но каким же путём пошла наука, т. е. современные учёные при этом? — писал

---

<sup>1</sup> Учёном чванстве. (*Прим. ред.*)

он. — Пожалуй, без преувеличения можно сказать, что тут началась трагедия буржуазной науки. Ни экспериментальная проверка, пользуясь современной научной техникой, законов Ньютона и законов механики, ни серьезная критика их были ответом на неудачу опытов Майкельсона и др. Наоборот, приобрела симпатию подавляющего большинства учёных попытка объяснить эти результаты, данная Эйнштейном. И та позиция, которую занял при этом в теоретико-познавательном отношении Эйнштейн, заставляет нас сделать изложенный выше вывод о кризисе буржуазной науки» [36. С. 173].

Уже из приведённой цитаты ясно, как оценивает теорию относительности Максимов. Он писал: «Эйнштейн из небольшого числа принципов и определений строит свою геометрическо-физическую систему теории относительности, затем «подчиняет» ей живую действительность, т. е. представляет себе события в том порядке, в котором располагает их теория, и затем всё это здание представляет экспериментальной проверке со стороны соответствия одних частей другим... Эйнштейн стоит на точке зрения идеалистической философии: для него существует мир идей — “свободных сознаний человеческого духа”, “независимо от всякого опыта” (это дает право теорию относительности рассматривать как свободное создание эйнштейновского духа), мир явлений для него приравнивается к миру переживаний» [36. С. 176].

Но в то же время Максимов признаёт, что независимо от теоретико-познавательной позиции Эйнштейна его теория относительности затрагивает коренные проблемы и сам Эйнштейн «глубокий и серьёзный мыслитель, великолепный математик» [36. С. 176].

Переходя к обзору научно-популярной литературы, Максимов, конечно, делает упор на философские аспекты теории относительности, но здесь в своих оценках он куда более осторожен — он приводит, главным образом, оценки авторов рецензируемых работ. Так он писал, что в своей брошюре С.Я. Лифшиц утверждает, что «мир, в котором мы живём и который мы мыслим ... лишён всяких атрибутов абсолютного и полон реальностей, которые в то же время относительны и иллюзорны» [39].

В том же духе высказывается в своей брошюре Б. Дюшен: «Признание времени относительной величиной, зави-

сящей от скорости движения, обязательно влечёт за собой признание иллюзорности и условности существования нашего мира» [40].

Особо подробно Максимов рассмотрел книгу П. Ленара «О принципе относительности, эфире и тяготении» [41]. Максимов писал, что «если Эйнштейн — идеалист, творением духа приписывает абсолютную и самодовлеющую ценность, а мир явлений приравнивает к миру переживаний, то Ленар держится прямо противоположной точки зрения. Последний подчеркивает, в противоположность первому, что его точка зрения есть точка зрения «здорового рассудка» [36. С. 178]. Ленар поясняет, что «здоровый рассудок» — это разум естествоиспытателя, стремящегося при изучении физических явлений внести в них «единство и возможную простоту»

Интересно, что Максимов нигде не приводит оценок Ленара теории относительности, а только подчеркивает что Ленар «придерживается механистической картины мира» [36. С. 179].

Во второй части этой работы [37] Максимов начинает рассмотрение с книги М. Борна [42]. По его мнению, рассмотрение теории относительности Борн ведёт на основе «релятивизма, творческой фантазии, критической логики и терпеливого приспособления к фактам» [37. С. 124]. Суммируя своё впечатление от книги Борна, Максимов пишет: «несмотря на притягивание за волосы фактов физики в доказательство релятивистской философии, несмотря на попытку создать сверхчувствительное знание и как бы перепрыгнуть через себя, Борну не удаётся убедительно доказать сущность происходящего в науке и мировоззрении учёных переворота» [37. С. 129].

Давая оценку книги О. Хвольсона [43], Максимов утверждает, что в теории относительности есть вещи, которые человечество вообще не в состоянии себе представить и познать. Это — четырёхмерное пространство, замкнутая Вселенная и т.п.

Касается Максимов и книг Н. Морозова [44, 45], в которых вместо принципа относительности в физике проповедуется «всеобщий принцип относительности всего не свете». Подробно он рассматривает биографическую книгу А. Мошковского [46] и делает вывод: «Эйнштейн верный сын бур-

жуазии и буржуазной идеологии и пролетариату с ним не по пути. Это не значит, что пролетариат не воспользуется всем, что дают полезного его работы» [37. С. 137].

Подводя итоги проделанной работы, Максимов отметил, что среди этих книг «нет ни одной, которая бы представляла хоть в какой-нибудь степени пролетарскую идеологию» [37. С. 138]. Суммируя оценку теории относительности в рецензируемых книгах, Максимов делает следующие выводы: «в восхвалении красоты и замкнутости теории относительности скорее кроется стремление создать себе идеальные, фантастические, математические иллюзии, которые дают некоторое опьянение и возбуждение без необходимости пережить это в труде и действии. Склонность буржуазных учёных сделать из математики и теории познания точных наук изошрённый способ удовлетворять себя созерцанием красоты стоит, несомненно, в связи с общим упадочным настроением буржуазии. Это особенно важно отметить, что многие в теориях относительности просто ищут забвения, зная достоверно, что сами по себе теории относительности стоят очень далеко от жизни» [37. С. 139]. И, говоря дальше о философских аспектах, Максимов добавляет: «эта домашняя философия есть желание во что бы то ни стало пристегнуть к физическому содержанию теории относительности осколки гибнущей идеологии буржуазии и тем самым спасти её от гибели. Но мы знаем, что это напрасно. Буржуазный мир обречён на гибель, и на всякие попытки спасти его в каком бы то ни было виде ответим украинским советом утопающему: “Не теряй, куме, силы — опускайся на дно!”» [37. С. 140].

Рассмотрим теперь обзор дискуссии о методологических аспектах теории относительности в Германии, который составил Рейхенбах и обсудил Максимов [38]. В обзоре проанализировано 72 работы 37 авторов, представляющих разные философские школы. Максимов показывает, что в среде махистов произошёл раскол — последователи молодого Маха относятся к теории относительности положительно, тогда как последователи позднего Маха — резко отрицательно. То же произошло и у неокантианцев. Релятивисты, к которым относится и Рейхенбах, создают пропасть между вещами и понятиями — «философия релятивизма — философия чистых понятий», — пишет Максимов. Поэто-

му они часто скатываются к идеализму и ищут подтверждения своей точки зрения в теории относительности. «Только диалектический материализм находится в полной гармонии с успехами естествознания, так как он не претендует, во-первых, на построение законченной системы, а во-вторых, он с самого своего возникновения черпал и черпает свои силы и доводы только из области науки, в частности из естествознания. Если идеалистическое воинство, разгромленное возникновением принципа относительности, укрылось под крылышком этого самого принципа относительности и пропитало его своими идеями, то это может служить лишь поводом к тому, что принцип относительности Эйнштейна погибнет так же (но лишь гораздо скорее), как погибла ньютоновская физика. Но от этого не только не погибнут, но только очистятся те успехи, которых достигло естествознание и которые отразились частью в принципе относительности Эйнштейна», — закончил обзор Максимов [38. С. 119].

Одновременно с этими обзорными статьями Максимов опубликовал и большую оригинальную работу о принципе относительности [47]. Начиналась она оригинально: «Мы подойдем к принципу относительности с общественной точки зрения, с точки зрения того, кому и как он служит в ожесточенной классовой борьбе. ... Поэтому мы не будем касаться специальной, физической стороны принципа относительности и остановимся лишь на общих исходных позициях Эйнштейна. Так как принцип относительности в общем послужил пока что лишь на пользу тех групп буржуазного общества, которые чрезвычайно склонны в связи с переживаемым этим обществом крушением и посему к идеологическим уклонам в сторону религии, мистики и идеализма, утверждать относительность наших знаний вообще и возводить эту относительность в звание своеобразного абсолюта, то для нас особенно необходимым делается в точности разграничить и оценить как положительные, так и отрицательные стороны принципа относительности, чтобы твердо решить, какие из этих элементов в конце концов берут перевес» [47. С. 181].

Первым делом Максимов задал вопрос: можем ли мы согласиться с относительностью пространства и времени? Относительность покоя и движения диалектический материализм уже признал, и поэтому Максимов делает вывод:



«так как движение совершается в пространстве и времени, то мы можем сказать, что пространство и время суть формы существования материи и относительно так же, как относительно движение и относителен покой» [47. С. 183]. И вывод: «таким образом, окончательное упразднение представления об абсолютном пространстве и времени должно быть признано первой заслугой Эйнштейна» [47. С. 187].

Но только этим не исчерпывается заслуга Эйнштейна перед современной физикой. Максимов это понимает: «Также огромное значение имеет широта взглядов и богатство идей Эйнштейна, выразившиеся в новом сопоставлении различнейших областей: геометрии и физики, той и другой, и астрономии и т. д. и в новом освещении, которое было придано Эйнштейном, например, пониманию сущности тяготения, инертной и тяжёлой массы и пр.» [47. С. 187].

Однако принимая фактический материал теории относительности, Максимов не может принять метод, с помощью которого Эйнштейн пришёл к разрешению назревших проблем. «Провозглашая новое содержание науки, Эйнштейн пользовался старым методом, который находится в противоречии с провозглашённым. Тут мы встречаемся с одним из характернейших противоречий современной науки: диалектическое развитие влечёт её неизбежно вперёд, методические же формы её остаются старыми и, очевидно, не могут быть иными в пределах разрушающегося буржуазного общества», — писал он [47. С. 188].

Что же это за метод? Максимов иллюстрирует его на примере геометрии. Эйнштейн писал, что аксиомы геометрии — свободные создания человеческого духа. Все остальные геометрические положения суть логические следствия аксиом, связанных с миром только общностью терминов. Применительно к физике этот метод Эйнштейн определил так: «Геометрическо-физическая теория как таковая необходимым образом совершенно ненаглядна, она представляет собой исключительно систему определений. Но эти определения необходимы, чтобы установить мысленно связь множества действительных или воображаемых действующих на наши чувства событий. Сделать теорию “наглядной” — это значит представить себе все события полностью в том порядке, в котором их располагает теория. Таким образом, — пишет Максимов, — у Эйнштейна вообще мы

не находим связи между “свободными” теоретическими построениями и опытом». А что же есть? «Но зато процветает мысленный эксперимент, мысленное допущение наблюдателей со скоростями, необозримо далёкими от всего нам доступного, мысленная эквилибристика с часами и установлением одновременности, мысленное доказательство равенства инертной и тяжёлой массы путём представления себе свободно парящей в пространстве и подтягиваемой за верёвку комнаты, мысленное представление того, что было бы, если бы Земля вращалась вокруг своей оси, а весь мир вращался бы вокруг Земли, и т.д. и т.п. ... Вследствие такого умозрительного подхода, зависимость между пространством, временем, движением и пр. состояниями материи родилась лишь в голове Эйнштейна» [47. С. 197]. И отсюда вывод: «Мы не можем не отвергнуть как основы, так и весь метод Эйнштейна» [47. С. 198].

Рассматривая далее фактическое содержание теории относительности, Максимов пришёл к выводу: «Итак, мы не только не приемлем метод Эйнштейна, не только отвергаем его взгляды на взаимоотношение сознания и бытия, но не можем принять и того метафизического содержания, которым наполняет Эйнштейн свои теории» [47. С. 204].

И, наконец, Максимов рассматривает теорию Эйнштейна «с общественной точки зрения, т. е. с точки зрения, кому и как в классовом обществе служат его идеи» [47. С. 205]. Он пишет, что в естествознании буржуазная наука не только не постигает по существу имеющийся опытный материал, но постигает его в извращённом виде, даёт ему толкование, навязывающее те взаимоотношения между фактами, которого в действительности нет, но которое соответствует прочим идеологическим формам данной стадии развития общества. Таковы и работы Эйнштейна. Но они были встречены с восторгом буржуазной интеллигенцией, потому что соответствовали общей идеалистической атмосфере, царящей в обществе.

«Каково же должно быть наше отношение к принципу относительности Эйнштейна и вообще к буржуазному естествознанию? — ставит вопрос Максимов и отвечает. — Мы приемлем весь тот опытный материал, который добыт буржуазными учёными, мы приемлем все те выводы и обобщения этого опытного материала, но мы отвергнем всё, что

вызвано влиянием буржуазного общества как на метод, так и на форму изложения естествознания» [47. С. 208].

Эта статья вызвала резкую реакцию Ин.Н. Стукова [47]. Он критиковал первую часть статьи Максимова, где тот пишет об относительности пространства и времени (см. цитату из этой статьи выше). Стуков напоминает, что марксизм различает пространство и время как объективную реальность и поэтому они абсолютны, и понятия о пространстве и времени, которые относительны. Стуков считает, что Максимов говорит о пространстве и времени как об объективной реальности и поэтому, объявляя их относительными, он впадает в релятивизм. Та же путаница, по мнению Стукова, происходит у Максимова с понятием движения. Он говорит об относительности движения (в теории относительности), а не о понятии движения. По мнению Стукова, марксизм утверждает, что движение является абсолютным, а понятие о движении относительным.

Максимов ответил большой статьёй [49]. Он утверждал, что для марксистов существует только одно пространство и время — объективно существующее вне нас. Пространство и время относительны, «подвижны» т.е. изменяются в зависимости от материи и её движения.

Вообще ответ Максимова похож на популярную лекцию о теории относительности. Но в конце он всё же не преминул указать на тождественность философских взглядов Маха и Эйнштейна, но при этом оговорив, что «мы сделали бы ещё большую, ещё горшую ошибку, если бы мы, увидев философскую преемственность между Махом и Эйнштейном, игнорировали бы работы Эйнштейна со стороны физической» [49. С. 156].

В 30-е годы Максимов заметно эволюционировал. Он чутко уловил общую идеологическую и политическую реакцию и не замедлил ужесточить классовую позицию [50, 51]. Он подчёркивал, что в области теоретического естествознания классовая борьба выражается в борьбе материализма и идеализма. Капитализм загнивает, и это приводит к кризису в естествознании. Но, писал Максимов, «если с этой с этой точки зрения подойти к вопросу о кризисе в физике, то мы не можем сказать, что он сводится только к загниванию науки в результате распространения идеализма, но мы действительно имеем ряд крупнейших историчес-

кого значения открытий, которые переворачивают всё старое мировоззрение естествоиспытателей и укрепляют материализм» [50. С. 21]. И в числе этих открытий он на первое место ставит теорию относительности Эйнштейна. Интересно, что в отличие от своих взглядов 20-х годов, когда он упрекал теорию относительности в «умозрительности», Максимов подчёркивает теперь, что она подтверждена не только теоретически, но и экспериментально.

И в последующих своих работах [52–54] Максимов уже принимал все физические достижения теории относительности, хотя продолжал критиковать философов за идеалистические выводы из этой теории.

### 3

Однако среди философов были и такие, которые приняли научный базис теории относительности и полную совместимость её с диалектическим материализмом.

С.Ю. Семковский, член Украинской академии наук и ведущий специалист в области марксистской философии науки, дал первый обширный анализ философских проблем релятивистской физики в свете диалектического материализма [55–57]. При этом он опирался и часто цитировал работы Энгельса «Диалектика природы», «Анти-Дюринг» и «Людвиг Фейербах и конец классической немецкой философии», а также на высказывания ведущих физиков. Интересно также, что Семковский приводил большие выдержки из трудов Ньютона и Эйнштейна.

Рассмотрим основные положения работ Семковского. Это удобно сделать, рассматривая его статью [56], которая является основой большой работы [57]. Интересно, что вся она построена на опровержении работ Тимирязева, в которых тот отвергал теорию относительности и обвинял её в махизме и идеализме.

Вначале Семковский рассмотрел относительное и абсолютное движение. Он подробно рассказал об основных принципах механики Ньютона, о её абсолютных пространстве и времени, и революции, которую внёс в эти понятия принцип относительности. Семковский привёл точный перевод этого принципа из первой статьи Эйнштейна в *Annalen*

der Physik 1905 г.: «Понятию абсолютного покоя не соответствуют никакие свойства явлений». «Диалектический материализм и теория относительности как раз и исходят из того, что тела движутся, так как нет материи без движения. И таким образом, “абсолютное движение” как движение по отношению к чему-то абсолютно покоящемуся теряет всякий физический смысл», — писал Семковский [56. С. 130].

Вообще вся эта часть его работы — это опровержение попыток Тимирязева защитить абсолютное движение. «Невообразимая путаница, привнесённая т. Тимирязевым в теорию относительности, — пишет Семковский, — начинается уже с основного различия абсолютного и относительного движения. С этими терминами у него вообще не связаны сколько-нибудь отчетливые понятия. И прежде всего он путает абсолютность и объективность» [56. С. 130]. Он подробно обсуждает приведённые Тимирязевым примеры якобы опровергающие принцип относительности и показывает их несостоятельность. «Весь этот конфуз с т. Тимирязевым произошёл не потому, что он вообще не понял теории относительности, — это ещё с полбеды, но конфуз в том, что “здравый смысл” т. Тимирязева, оказывается, тащит за собой изрядной длины хвост Птолемеевского геоцентризма», — пишет Семковский [56. С. 136]. То есть при рассмотрении Тимирязевым разных примеров он не учитывает движения Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца и таким образом становится на точку зрения Птолемея.

Следующая часть его работы посвящена сопоставлению представлений о пространстве Канта и Эйнштейна. Семковский пишет, что «Кант философски осветил геометрию Евклида и механику Ньютона, подведя под них идеалистический фундамент своей трансцендентальной эстетики» [56. С. 140]. Его взгляды на пространство и время совершенно противоположны взглядам Эйнштейна. Но, замечает Семковский, Тимирязев считает, что теория относительности является кантианством, а это говорит о том, что он не знает Канта и не понимает Эйнштейна. По Канту, пространство и время зависят от способа представления, по Эйнштейну, — от материальных масс. Кант не допускает мысли о возможности иной геометрии, кроме евклидовой, считая, что её постулаты суть «априорная непреложность нашего

чистого воззрения пространства». Эйнштейн решительно отвергает «априорную значимость евклидовых постулатов», считая, что только опытным путём можно установить истинную геометрию пространства. Тимирязев же приписывает Эйнштейну кантовский априоризм, умудрившись и здесь не понять Эйнштейна. Однако, пишет Семковский, Эйнштейн совершает ошибку, когда говорит, что геометрии суть «свободные творения человеческого духа», тогда как этот выбор геометрий обусловлен расширяющимся опытом человечества. Главное же в теории относительности — это «физическое истолкование геометрии», как это подчеркивает сам Эйнштейн.

В заключение Семковский рассматривает обвинение теории относительности в махизме, о чём всё время говорит Тимирязев. Семковский показывает, что «теория относительности решительно идёт в разрез с “махизмом”, ибо она строится не на “элементах-ощущениях”, а на материи» [56. С. 155].

Подводя итог сказанному, Семковский писал: «Тов. Тимирязев с удовлетворением цитирует наше упоминание о том, что есть критики, которых нельзя заподозрить в непонимании теории относительности и её математических основ. Увы, мы вынуждены разочаровать нашего уважаемого оппонента: это упоминание никак не могло относиться к нему. Ибо все злоключения его, прошедшие перед нами в этой и предыдущих главах, имеют своим необходимым и достаточным условием и в то же время своей вполне “непосредственно наблюдаемой” причиной именно непонимание теории относительности, с одной стороны, незнание философских направлений — с другой» [56. С. 169]

Конечно, Тимирязев тут же ответил Семковскому [58]. Он начинает с того, что рассказывает об опытах Дейтона Миллера, которые, по его мнению, опровергают теорию относительности. «Итак, — пишет Тимирязев, — спор физиков с математиками, пытавшимися фальсифицировать физику, спор, продолжавшийся двадцать лет, окончен. Победила физика. Попытка заменить материю уравнениями разлетелась как карточный домик» [58. С. 170]. Тем не менее, он подробно пытается опровергнуть все доводы Семковского. При этом никаких новых аргументов, кроме неоднократно обсуждавшихся в своих статьях, Тимирязев не приводит.

Резко отрицательную рецензию на книгу Семковского [58] написал Цейтлин [59]. Она начинается так: «Работа тов. Семковского вызывает целый ряд серьёзных возражений, касающихся как некоторых важных принципиальных определений автора, так и его оценки соотношения теории относительности и диалектического материализма, — оценки, которая является непосредственным следствием того, как т. Семковский трактует основные понятия материализма. Мы полагаем, что эта трактовка в корне ошибочна и ведёт к ошибочной интерпретации теории относительности» [59. С. 220].

Цейтлин упрекает Семковского якобы за энергетический идеализм на том основании, что тот, вслед за Эйнштейном, говорит о неразрывной связи энергии и массы. Далее Цейтлину не нравится понятие «пустоты», о котором пишет Семковский, хотя тот понимает пустоту как пространство без эфира. Антимарксистская позиция Семковского, по мнению Цейтлина, особо ярко проявляется в относительном изменении длин и времён. Кроме того, Цейтлин утверждает, что понятие абсолютного движения и покоя у Ньютона более диалектично, чем у Эйнштейна потому, что движение абсолютно, поскольку оно действительно происходит по отношению к бесконечному, абсолютно покоящемуся пространству, но оно относительно по отношению к внешнему объекту.

В заключение Цейтлин пишет: «Работа тов. Семковского является образцом лишь того, как не следует подходить марксисту к современному естествознанию» [59. С. 228].

Другой защитник теории относительности Б.М. Гессен известен прежде всего своей великолепной популярной брошюрой «Основные идеи теории относительности» [60]. В ней, кроме фактического физического материала, даётся и методологическая оценка теории. В предисловии он писал: «Всякая принципиальная физическая теория, касающаяся наших основных воззрений на природу, всегда имеет методологическую подоснову. Поэтому нашей задачей является не подробное изложение теории относительности, а выявление тех методологических концепций, которые лежат в основе её физических и математических построений. Мало места уделено разбору возражений теории относительности, так как автор ставил себе прежде всего задачу положительного изложения теории относительности» [60. С. 5–6].

Философские вопросы теории относительности рассматриваются Гессеном в главе VII «Философский и физический релятивизм». Для характеристики его позиции приведём выдержки из этой главы.

«Естественно, является вопрос: не является ли теория относительности физической конкретизацией релятивизма как общей философской концепции? — пишет Гессен. — Действительно, делались попытки связать физическое содержание теории относительности с философским релятивизмом и подкрепить релятивизм философскими доводами теории относительности как физической теории, в которой понятие относительности пространства и времени играет фундаментальную роль. Однако релятивизм как философская концепция вовсе не является методологической основой теории относительности» [60. С. 111].

Дальше Гессен уточняет: «Физический релятивизм есть признание относительности наших конкретных знаний о природе. Суть теории относительности состоит в установлении относительного характера временных и пространственных промежутков. Величина и тех и других существенно зависит от состояния наблюдателя. Если остановиться на этом утверждении и, отвергая возможность преодоления этой относительности, обосновывать это утверждение доводами философского релятивизма, то теория относительности превращается в принципиальный релятивизм. Но такой вывод отнюдь не является необходимым следствием теории относительности. Наоборот, в концепции четырёхмерного мира мы видим попытку преодоления относительности пространственных и временных измерений и следующий шаг на пути к абсолютному познанию внешнего мира, движущейся материи» [60. С. 114].

Эта ясная и чёткая позиция Гессена существенно повлияла на дискуссию о философских основах теории относительности. Это стало ясно на 2-й Всесоюзной конференции марксистско-ленинских научных учреждений [61].

В докладе О.Ю. Шмидта была дана оценка отношения философов к теории относительности на то время. Он сказал: «Идеалисты чистой воды, услышав о том, что нет абсолютного времени, нет абсолютного пространства, что они относительны в зависимости от того, в какой точке мы их наблюдаем, центр тяжести перенесли на слово “наблюда-



ем”: ага, значит пространство и время существуют только как результат наших наблюдений! — чисто махистское утверждение. ... Используя в теории Эйнштейна то, что скорости не могут превышать известной величины, решили, что за этим пределом, за звёздами движется уже не материя, а рай. Это утверждение Флоренского, учёного человека, московского протоирея. ... Эйнштейн здесь не причём, но за него немедленно ухватились.

Как поступили в другом лагере наши механисты, т. Тимирязев? Они нацело отрицают не только теорию Эйнштейна, но и то противоречие, которое лежит в её основе. Они сделали ставку на то, чтобы опровергнуть опытную сторону её, что им не удалось. Они не видели ни тех противоречий, ни того развития физики, которое здесь проявляется.

Нужно сказать, что у нас в СССР теории относительности не повезло: с одной стороны, всё-таки авторитет т. Тимирязева был велик, а с другой стороны, мы находились под гипнотизирующим влиянием тех идеалистических выводов, которые делались на Западе из теории относительности и которые послужили причиной невероятной популярности её среди обывателей всего мира.

У нас одно время создавалась ситуация, при которой мы к теории Эйнштейна относились подозрительно, и не было смелости, чтобы указать на материалистическое звено теории относительности. Лишь некоторые товарищи на этот путь стали. Наиболее интересной в этом отношении одной из первых попыток была книга т. Семковского. В последнее время т. Гессен, подходя с другой стороны, также выявил материалистическое зерно теории относительности. Сейчас можно считать этот вопрос более или менее решённым. Элементы диалектики в теории относительности выступают ярче, чем в какой бы ни было современной теории. Она вся диалектична» [61. С. 12–13].

Таким образом, вопрос о согласии теории относительности с диалектическим материализмом был положительно решён и утверждён на официальном уровне. Поэтому в 30-е годы уже не было споров о теории относительности, а на передний край философии науки вышли проблемы микромира и прежде всего квантовой механики.

## Литература

1. *Тимирязев А.К.* Старое и новое в физике // *Летопись.* 1916. № 11. С. 147–170.
2. *Тимирязев А.К.* А.Эйнштейн. «О специальной и всеобщей теории относительности (Рецензия)» // *Под знаменем марксизма.* 1922. № 1–2. С. 70–73.
3. *Тимирязев А.К.* Принцип относительности (О теории Эйнштейна). — В сб. *Естествознание и диалектический материализм.* — М.: Изд-во «Материалист», 1925. С. 46–68.
4. *Тимирязев А.К.* Теория относительности Эйнштейна и диалектический материализм // *Под знаменем марксизма.* 1924. № 8–9. С. 142–157.
5. *Тимирязев А.К.* Принцип относительности Эйнштейна и диалектический материализм // *Под знаменем марксизма.* 1924. № 10–11. С. 92–114.
6. *Дейтон Миллер.* Опыты, определяющие «эфирный ветер», выполненные на горе Вильсон // *Под знаменем марксизма.* 1925. № 8–9. С. 194–198.
7. *Миллер Д.* Смысл опытов с эфирным ветром, произведенных в 1925 г. на горе Вильсон // *Под знаменем марксизма.* 1926. № 11. С. 91–109.
8. *Дейтон Миллер.* Опыты с эфирным ветром на горе Вильсон / *Воинствующий материалист.* Кн. 5. 1925. С. 252–262
9. *Тимирязев А.К.* Экспериментальное опровержение принципа относительности Эйнштейна // *Под знаменем марксизма.* 1925. № 8–9. С. 191–192.
10. *Тимирязев А.К.* Новые опыты Дейтона Миллера, опровергающие теорию относительности Эйнштейна // *Известия.* 1926. 30 июля.
11. *Иоффе А.Ф.* Что говорят опыты о теории относительности Эйнштейна? // *Правда.* 1927. 1 января.
12. *Перельман Я.* «Эйнштейн опровергнут!» Атака на теорию относительности // *Вечерняя Москва.* 1926. 20 марта.
13. *Тимирязев А.К.* Обзор литературы по опытам Дейтона Миллера и их критика // V Съезд русских физиков. — М.: ГИЗ, 1926. 94 с.
14. *Г.Е.* V съезд русских физиков // *Под знаменем марксизма.* 1927. № 1. С. 134–141.
15. *Тимирязев А.К.* По поводу дискуссии об опытах Дейтона Миллера на V съезде русских физиков // *Под знаменем марксизма.* 1927. № 2–3. С. 178–187.
16. *Гессен Б., Егоршин В.* Об отношении тов. Тимирязева к современной науке // Там же. С. 188–199.
17. *Хвольсон О.Д.* Опровергнута ли теория относительности // *Вестник знания.* 1926. № 19. С. 1227–1234.
18. *Вавилов С.И.* Новые поиски «эфирного ветра» // *Успехи физических наук.* 1926. Т. 6. № 3. С. 242–254.
19. *Тимирязев А.К.* Механическое естествознание и диалектический материализм. — Вологда: Сов. Печатник, 1925. 82 с.

20. *Тимирязев А.К.* Теория относительности Эйнштейна и махизм // Естествознание и диалектический материализм. — М.: Материалист, 1925. С. 228–258.
21. Стенограммы докладов, читаемых в Ком. Академии / Вестник Коммунистической Академии. Кн. VII. 1924. С. 337–378.
22. *Тимирязев А.К.* Волны идеализма в современной физике на Западе и у нас // Под знаменем марксизма. 1933. № 5. С. 94–123.
23. *Тимирязев А.К.* Ещё раз о волне идеализма в современной физике // Под знаменем марксизма. 1938. № 4. С. 124.
24. *Орлов И.* Классическая физика и релятивизм // Под знаменем марксизма. 1924. № 3. С. 49–76.
25. *Орлов И.* Задачи диалектического материализма в физике. — В сб. «Теория относительности и материализм». — Л.-М.: Госиздат, 1925. С. 5–14.
26. *Цейтлин З.* Теория относительности А. Эйнштейна и диалектический материализм // Под знаменем марксизма. 1924. № 3. С. 77–110; № 3–4. С. 115–137.
27. *Цейтлин З.* Несколько возражений А.К. Тимирязеву // Под знаменем марксизма. 1924. №. 12. С. 159–167.
28. *Тимирязев А.К.* Ответ на возражения тов. Цейтлина // Там же. С. 168–173.
29. *Деборин А.М.* Ленин как мыслитель. — М.: Красная новь, 1924. 88 с.
30. *Гольцман А.* Наступление на материализм // Под знаменем марксизма. 1923. № 1. С. 83–10.
31. *Васильев А.В.* Пространство, время, движение. Исторические основы теории относительности. — П.: Образование, 1923. 135 с.
32. *Тимирязев. А.К.* — М.: Красная новь, 1921. № 1.
33. *Тимирязев А.К.* Несколько замечаний по поводу наступления на материализм тов. Гольцмана // Под знаменем марксизма. 1923. № 6–7. С. 228–241.
34. *Гольцман А.* Эйнштейн и материализм (Ответ т. А.К.Тимирязеву) // Под знаменем марксизма. 1924. № 1. С. 114–126.
35. *Тимирязев А.К.* Эйнштейн, материализм и тов. Гольцман. Ответ на ответ // Под знаменем марксизма. 1924. № 1. С. 127–135.
36. *Максимов А.А.* Популярно-научная литература о принципе относительности // Под знаменем марксизма. 1922. № 7–8. С. 170–182.
37. *Максимов А.А.* Еще раз о популярно-научной литературе о принципе относительности // Под знаменем марксизма. 1922. №. 11–12. С. 123–141.
38. *Максимов А.А.* Современное состояние дискуссии о принципе относительности в Германии // Под знаменем марксизма. 1923. № 1. С. 101–119.
39. *Лифшиц С.* Принцип относительности Эйнштейна. — М.: Изд-во «Печатник», 1922.
40. *Дюшен Б.* Теория относительности Эйнштейна. — Всеукраинское госуд. изд-во, 1922.
41. *Ленар П.* О принципе относительности, эфире и тяготении (критика теории относительности). — М.: Госиздат, 1922.

42. *Борн М.* Теория относительности Эйнштейна и её физические основы. — П.: Изд-во «Наука и школа», 1922.
43. *Хвольсон О.Д.* Теория относительности Эйнштейна и новое мировоззрение. — М.: Изд. П. и С. Сабашниковых, 1922.
44. *Морозов Н.* Принцип относительности в природе и математике. — П.: Изд-во «Начатки знаний», 1922.
45. *Морозов Н.* Принцип относительности и абсолютное. — П.: Госиздат, 1920.
46. *Мошковский А.* Альберт Эйнштейн. Беседы с Эйнштейном о теории относительности и общей системе мира. — М.: Изд-во «Работник просвещения», 1922.
47. *Максимов А.А.* О принципе относительности А.Эйнштейна // Под знаменем марксизма. 1922. № 9–10. С. 180–208.
48. *Стуков Ин.* В плену у релятивизма // Под знаменем марксизма. 1923. № 4–5. С. 132–139.
49. *Максимов А.А.* Теория относительности и материализм. Ответ г. Стукову // Под знаменем марксизма. 1923. № 4–5. С. 140–156.
50. *Максимов А.А.* Об отражении классово-борьбы в современном естествознании // Под знаменем марксизма. 1932. № 5–6. С. 16–53.
51. *Максимов А.А.* Классовая борьба в современном естествознании // Фронт науки и техники. 1932. № 9. С. 21–33.
52. *Максимов А.А.* Марксизм и естествознание // Под знаменем марксизма. 1933. № 2. С. 50–73.
53. *Максимов А.А.* «Материализм и эмпириокритицизм» — материалистическое обобщение данных естествознания // Под знаменем марксизма. 1938. № 11.
54. *Максимов А.А.* Современное физическое учение о материи и движении и диалектический материализм // Под знаменем марксизма. 1939. № 10. С. 86–111.
55. *Семковский С.Ю.* Теория относительности и материализм. — Госизд-во Украины, 1924.
56. *Семковский С.Ю.* К спору в марксизме о теории относительности // Под знаменем марксизма. 1925. № 8–9. С. 126–169.
57. *Семковский С.Ю.* Диалектический материализм и принцип относительности. — Л.–М.: ГИЗ, 1926.
58. *Тимирязев А.К.* Ответ тов. Семковскому // Под знаменем марксизма. 1925. № 8–9. С. 170–190.
59. *Цейтлин З. С.Ю.* Семковский. Диалектический материализм и принцип относительности (Рецензия) // Под знаменем марксизма. 1926. № 4–5. С. 220–228.
60. *Гессен Б.М.* Основные идеи теории относительности. — М.–Л.: Московский рабочий, 1928.
61. *Задачи марксистов в области естествознания.* Труды 2-й Всесоюзной конференции марксистско-ленинских научных учреждений. — М.: Изд-во Коммунистической Академии, 1929.

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

**ВОСПРИЯТИЕ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ  
СОВЕТСКИМИ ФИЛОСОФАМИ  
И «ФИЛОСОФСТВУЮЩИМИ» ФИЗИКАМИ  
В ПЕРИОД 1945–1960 гг.\***

1

В послевоенный период (1945–1960) в нашей стране сложилась непростая социально-политическая и идеологическая обстановка. После кратковременной оттепели опять усилилась конфронтация с Западом — началась холодная война. Мир стал готовиться к третьей мировой войне. И хотя с обеих сторон не было недостатка в мирных заверениях, началась безудержная гонка вооружений, прежде всего атомного и ядерного.

Подготовка к войне диктовала и внутреннюю политику СССР. Необходимо было упрочить тылы — восстановить и укрепить политическое и идеологическое единомыслие граждан. Этой цели должна была служить национально-патриотическая идея — мы (советский народ) «самые-самые»: самые умные, самые культурные, мы строим общество будущего — коммунизм, а Запад загнивает и ничего хорошего там уже нет. Началась борьба со всем иностранным, начиная с моды (узкие брюки, джинсы, длинные волосы), с западным джазом и кончая современной западной литературой и искусством. В то же время всё советское подавалось как самое лучшее и прогрессивное.

---

\* Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 09–08–00246).

Особое внимание власти уделяли интеллигенции. Для борьбы с западным влиянием на людей творческих профессий, в частности на учёных, были организованы две мощные кампании: по борьбе с антипатриотизмом или низкопоклонством перед Западом и по борьбе за идейность творческих произведений.

Кампания по борьбе с антипатриотизмом, которую вскоре стали называть борьбой с космополитизмом, была направлена против творческой интеллигенции, которая испытывала профессиональный или личный интерес к культуре, философии, политике, общественной жизни или науке Запада [1]. Антипатриотов (космополитов) осуждали в печати и на собраниях, выгоняли с работы, лишали возможности заниматься своей профессиональной деятельностью. Космополитами были объявлены учёные, печатавшие свои статьи в иностранных журналах, цитирующие иностранные источники, участвующие в переписке с западными коллегами. В то же время проводилась кампания по восхвалению достижений отечественной науки, которая часто сопровождалась откровенной фальсификацией исторических фактов. Доходило до того, что почти все крупные научные достижения приписывались русским и советским учёным.

Кампания по борьбе за идейность творческих произведений началась после известных идеологических постановлений ЦК ВКП(б) о журналах «Звезда» и «Ленинград», «О репертуаре драматических театров», об опере В. Мурадели «Великая дружба».

На первый взгляд все эти постановления будто бы проникнуты заботой о развитии искусства в стране. Однако, на самом деле, цели у власти были совсем другие. Они боролись против свободной мысли, против самостоятельных суждений, не совпадающих с принятой идеологическими органами точкой зрения. Право на существование, по мнению властей, имеют лишь рафинированные, идеологизированные схемы, прославляющие существующий порядок и утверждающие непогрешимое руководство партии во всех сферах жизни страны. Такие схемы считались идейно выдержанными. Всё, что не укладывалось в эти рамки, объявлялось злопыхательством, чуждым влиянием, безыдейностью.

Понятие идейности распространялось не только на произведения искусства и литературы, но и на научные произведения. Они тоже должны быть идейно выдержанные — в них методологической основой должен являться диалектический и исторический материализм. Поэтому те исследования, где высказывались другие точки зрения или любые точки зрения отсутствовали вообще, объявлялись идеалистическими [2]. В эти годы по стране прокатились идеологические кампании по борьбе с идеализмом в химии, физике, биологии и ряде других наук.

В этой идеологической постановке борьба за идейность объединялась с борьбой против преклонения перед Западом. Таким образом, у этих двух кампаний фактически была единая цель — изолировать советское общество от влияния западной культуры и науки, а западный мир представить в образе врага. Естественно, что такая сложная общественно-политическая обстановка не могла ни сказаться на восприятии теории относительности советскими философами и философствующими физиками.

## 2

Как мы уже говорили [3], казалось, что спорам о соответствии теории относительности диалектическому материализму был положен конец на Второй Всесоюзной конференции марксистско-ленинских научных учреждений (1929 г.) и усилия философов и философствующих физиков в рассматриваемый нами период переместились в область проблем микромира и прежде всего квантовой механики. Однако оказалось, что всё не так просто.

В конце 40-х годов власти готовили Всесоюзное совещание физиков, которое должно было разгромить идеалистическую квантовую механику и теорию относительности и их приверженцев по аналогии с сессией ВАСХНИЛ, разгромившей идеалистическую генетику. По вполне прагматической причине — атомное оружие разрабатывалось на основе теории относительности и квантовой механики — Сталин совещание отменил. Но Оргкомитет по подготовке совещания работал почти три месяца, обсуждая представленные доклады. Поскольку в работе Оргкомитета

принимали участие большинство ведущих физиков и философов, можно сказать, что заседания Оргкомитета представляли собой в миниатюре предполагаемое Всесоюзное совещание.

Теории относительности на этих заседаниях уделялось мало внимания, так как центр тяжести дискуссий лежал в области физики микромира — тогда казалось, что именно там в физику проникает идеализм.

Методологические вопросы теории относительности затрагивали в своих выступлениях испытанные борцы, известные нам физик А.К. Тимирязев и философ А.А. Максимов.

Тимирязев посвятил своё выступление [4] анализу преподавания механики, которое, по его мнению, ведётся у нас по системе Э. Маха. Здесь он, как и в 1920-е годы, настаивал на существовании эфира, который, по его мнению, теперь выступает под названием поля. При этом, зацепившись за старое высказывание Эйнштейна, которое повторял позже и Кедров, о неразделимости поля на отдельные части, Тимирязев обвинял их в том, что полю не присуще механическое движение.

Однако большую часть своего выступления Тимирязев посвятил критике «махистских предрассудков, к сожалению, весьма распространённым, которые засоряют современную теорию квант» [4. Л. 120]. Здесь он критикует Гейзенберга, Маркова и Эйнштейна, последнего за его высказывание о неразрывной связи геометрии и физики. Оргкомитету выступление понравилось.

Максимов посвятил своё выступление [5] критике физического идеализма. Одновременно он опубликовал его в журнале «Вопросы философии» [6]. Теперь его позиция по отношению к теории относительности изменилась — он сформулировал её следующим образом: «Значит ли сказанное нами, что теория относительности — плод недомыслия? Нет, не значит. Математический аппарат теории относительности безупречен, и его значение для расчёта физических явлений огромно; неправильны лишь философские выводы об относительности пространства, времени, одновременности, которые делаются буржуазными учёными.

Но эти выводы не связаны органически с научным пониманием теории относительности. Более того, из этой те-



ории при правильном ее истолковании и критическом к ней отношении следуют выводы, которые служат подтверждением положений диалектического материализма» [6. С. 118].

Посмотрим теперь на аргументы Максимова. Первый аргумент — «тесно связанный с теорией относительности» — вопрос о траектории тела «в смысле философского релятивизма». Максимов утверждает, что траектория тела абсолютна, а не относительна в зависимости от выбранной системы координат, ибо это лишь вычислительная сторона дела. А след, пробитый падающим метеоритом в земле, — это и есть абсолютная его траектория. Вторым аргументом — теория относительности использует преобразование Лоренца. «Но из этого преобразования, — пишет Максимов, — не следуют те выводы агностического характера, которые из него делались и делаются, — именно выводы об относительности длины, пространства вообще, времени, одновременности и т. д.» [6. С. 115]. По Максиму, тела и ход событий существуют сами по себе, а не в зависимости от той или иной системы координат, но обнаруживает свои свойства в отношении и взаимодействии с другими вещами событиями — и далее цитата из Маркса. Третий аргумент — «идеалистическое понятие относительности в смысле отрицания объективного существования движения, покоя, протяженности, длительности, одновременности и т. д.» [6. С. 117]. По Максиму, «одновременность существует объективно и независимо от способов ее познания» [6. С. 117],

Причина всей этой путаницы, по мнению Максимова, лежит в идеализме и махизме самого Эйнштейна.

Обсуждение выступления Максимова было бурным [7]. Выступавшие физики академики Фок и Леонтович, члены-корреспонденты Вул и Александров, профессора Фриш, Путилов, Космодемьянский и Волькенштейн, философы профессор Кедров и доцент Свидерский убедительно показали, что Максимов не только ничего не понял в теории относительности, но и его критика методологических выводов из нее ведется с позиций механического, а не диалектического материализма.

Особенно возмутило физиков рассуждение Максимова об абсолютной траектории тела — он рассуждает о теории

относительности и в то же время не знает основ классической механики, которые должен знать любой студент-физик.

Кстати, почувствовав, что в вопросе о траектории что-то не так, редакция журнала «Вопросы философии» к статье Максимова сделала такое примечание: «Редакция вполне разделяет критику, направленную автором против идеалистической трактовки вопроса о траектории, вместе с тем считает, что данная далее автором оценка объективного характера траектории, точнее говоря, отношение автора к закону падения тела, не охватывает этот вопрос во всей его сложности, не раскрывает, исходя из объективного характера закона, своеобразий его конкретного проявления» [6. С. 114].

Поддержали Максимова только профессора физического факультета МГУ Кессених и Тимирязев. Кессених призвал Максимова самому развивать дальше теорию относительности, а Тимирязев поддержал идею об абсолютной траектории тела, уточнив, что реальная траектории падающего камня — это прямая линия, а все остальные — относительные.

Министр Высшего образования, председатель Оргкомитета Кафтанов напомнил собравшимся о целях и задачах совещания: необходимо искоренить идеалистические извращения в теоретической физике и согласовать ее методологические выводы с диалектическим материализмом. Однако сформировать сейчас однозначное мнение по всем вопросам физики невозможно, она быстро развивается. «Возьмем теорию относительности, — продолжал Кафтанов. — Конечно, сказать, что этот закон на все времена и на все периоды, что он является единственно неизблемым, который нельзя тронуть, — нельзя. Неправильно было бы также и отказаться сейчас от этого. Это, товарищи, мое мнение. Почему я об этом говорю? Можно с трибуны совещания объявить теорию относительности чистейшим идеализмом, заявить, что она от лукавого, развенчать ее с материализмом. Но что из этого получится? Допустим, профессор Ташкентского университета будет на совещании, послушает выступления наших профессоров, которые скажут: теория относительности — это идеализм. А завтра ему нужно преподавать и перед ним встанет вопрос: надо студенту преподавать теорию относительности или нет? А если подходить к теории отно-

сительности, как некоторые товарищи, то завтра же надо перестать преподавать в высших учебных заведениях квантовую механику, теорию относительности. Правильно ли это будет? Готовы ли мы, чтобы отвергнуть это? Так просто не бывает, чтобы отвергнуть в науке теорию, бросить ее в ящик: ты, мол, свое сделала дело, теперь отдыхай. Нет, это неправильно. Надо нашим физикам показать, если бы наши философы сумели показать, это было бы полезно — где в теории относительности кончается наука и где начинается идеализм» [7. С. 232–233].

Вот такое заключение сделал председатель Оргкомитета. К счастью, советские философы не смогли показать, где же в теории относительности кончается наука и начинается идеализм, а физикам было ясно давно, что никакого идеализма там нет.

В других выступлениях и в обсуждениях тема теории относительности тоже звучала, но очень тихо. Так, историк физики доцент физического факультета МГУ Спасский призывал не абсолютизировать теорию относительности, а искать пути ее улучшения. При обсуждении доклада Вула Путилов сетовал, что все говорят об идеализме теории относительности не конкретно. Он призывал: «Нужно поймать Эйнштейна, где он делает ошибки, что приводит его к идеализму». Егоршин обратил внимание, что в теории относительности размеры тела зависят от системы координат потому, что скорость света конечна. Поэтому, по его мнению, наблюдатель определяет размер тела не в «чистом» виде, так, если бы тело было изолировано от всего мира, а вместе с переносчиком сигнала, т.е. свет не является пассивным переносчиком сигнала. По поводу выступления Фока, который назвал теорию относительности основой современной физики, Путилов заметил, что в этой теории гипертрофирован математический формализм. Философ Кузнецов призвал называть теорию относительности теорией быстрых движений и посетовал на то, что она не объясняет сокращение размеров тела на атомном и молекулярном уровне.

В проекте постановления, подготовленном на случай, если бы Совецание состоялось, за трескучими фразами о борьбе с низкопоклонством и физическим идеализмом теория относительности не просматривалась.

Все это обсуждение показало, что теория относительности как физическая теория является общепринятой и классической, а искать в ней идеалистические извращения могут только такие недалекие философы, как Максимов и другие. Об этих «других» речь пойдет ниже.

### 3

Всесоюзное совещание физиков было отменено по прямому указанию Сталина потому, что оно могло помешать работам по созданию ядерного оружия — ведь делали его те же ведущие физики-идеалисты, которых критиковали на заседаниях Оргкомитета.

Однако и во время работы Оргкомитета по подготовке совещания и после его отмены инициаторы совещания продолжали громить идеалистов и космополитов в печати, главным образом, в журнале «Вопросы философии». Интересно, что они громили главным образом западных физических идеалистов (Милна, Рассела, Эддингтона, Джинса, Карнапа и др.), но своих идеалистов упоминали только вскользь — доставалось только Френкелю и Маркову.

Интересно, как в конце 40-х годов в этих статьях воспринималась теория относительности.

Г. И. Наан [8], критикуя Рассела, который ссылается на теорию относительности, за утверждение, что материалом мира являются события, а по сути, восприятия, подробно излагает понятие мировой линии, описывающей события в общей теории относительности, подчеркивая при этом, что «под событиями теория относительности понимает исключительно реальные изменения в реальном, материальном мире» [8. С. 291].

М.Э. Омеляновский [9] тоже критикует физических идеалистов, апеллирующих к теории относительности. Он рассматривает два утверждения физических идеалистов: относительность ускорений и замкнутость Вселенной. Из первого утверждения они делают вывод о равноправности геоцентрической и гелиоцентрической систем. Здесь Омеляновский ссылается на Фока, который показал неправоту такого утверждения.

Что касается второго утверждения, то Омеляновский считает это поповщиной и ссылается на работу Фридмана, показавшего, что из общей теории относительности следуют разные сценарии развития Вселенной вплоть до бесконечного ее расширения. «Космологическая проблема еще ждет своего решения, — пишет Омеляновский. — В его основу следует положить идею структурности бесконечной Вселенной, используя данные общей теории относительности и других физических теорий» [9. С. 158].

Эти свои взгляды Омеляновский развил в работе [10]. Здесь он обратил внимание на работы Лобачевского — создателя неевклидовой геометрии. По мнению Омеляновского, «эти идеи, по существу дела, и лежат в основе частной теории относительности» [10. С. 157]. Такая точка зрения, как мы увидим дальше, высказывалась и в других работах, вышедших в эпоху утверждения приоритета отечественных ученых во всех областях и во все времена.

Как мы видим, оба процитированные философы, критикуя иностранных идеалистов, вообще вполне адекватно воспринимают теорию относительности, что можно сказать и о философе Р. Я. Штейнмане [11].

Однако он полагает, что «Эйнштейн направил свои усилия на критический анализ самого процесса **изменения** длин и длительностей в разных условиях» [10. С. 172] и в этом состоит его главная заслуга. Это открывает возможность «махистской обработки» теории относительности. Но все же, считает Штейнман, заслуга теории относительности состоит в том, что она открыла новые связи между свойствами вещей.

«Положительное физическое содержание» теории относительности отметил даже такой ортодоксальный философ, как М.Б. Митин [12]. Он пишет, что теория относительности является новым доказательством правоты материализма. «Никакая точка зрения наблюдателя, никакая система отсчета, принимаемая в качестве исходных предпосылок теорией относительности, не в состоянии уничтожить объективный факт природных процессов», — пишет Митин [12. С. 78].

В то же время Митин считает, что философские взгляды Эйнштейна являются махистскими. Но, пишет он далее, «когда Эйнштейн говорит о физическом содержании

своего учения, то часто выступает как стихийный материалист, не сомневающийся в объективном существовании физической реальности» [12. С. 78].

Во время кампании много писалось о Лобачевском. Наиболее рьяные патриоты старались доказать, что Лобачевский является истинным отцом теории относительности. Причем, оказывается, такая точка зрения существовала уже достаточно давно, но она не носила характера утверждения. Так, еще в 1910 г. В.Варичак в статье, переведенной в сборнике «Новые идеи в математике» в 1914 г., писал: «Геометрия Лобачевского является, *по-видимому* (курсив мой. — А.С.), адекватным орудием для исследования теории относительности» [13. С. 44]. Но уже в 1922 г. профессор Н.Н.Иовлев утверждал более определенно: «*Принцип относительности*» в том виде, как он понимается в настоящее время, был *открыт* еще *Лобачевским*» [14. С. 9]. Профессор А.П. Котельников в 1927 г. писал, что «геометрия пространства Лобачевского трех измерений определяет законы механики Einstein'a» [15. С. 30].

Но это все в прошлом. Новые времена, кампания по борьбе с идеализмом и космополитизмом требовали большей определенности. И она не заставила себя ждать — в журнале «Вопросы философии» появилась статья Л.И. Сторчака [16], где определенно сказано: «задача настоящей заметки состоит в том, чтобы показать, что истинным автором идей теории относительности, сделавшим исключительно глубокие выводы, имеющие первостепенное значение для физики, был Н.И. Лобачевский» [16. С. 142]. Однако в статье Сторчака мы не находим доказательств этого утверждения. Рассматривая заметки Лобачевского по механике, он находит там определение движения как изменение места, которое занимало тело. Место — это пространство, а движение — это время, утверждает Сторчак. Поэтому, пишет он, «истолкование этой мысли дает все основания полагать, что Лобачевский представлял себе пространство и время не оторванными друг от друга, а в их органическом единстве» [16. С. 146]. Это же утверждает теория относительности. Далее, по Лобачевскому, движение определяется силами. Но силы не могут быть бесконечно большими, поэтому, по Сторчаку, Лобачевский предсказал, что скорость всегда имеет конечное значение, т.е.

предсказал предельную скорость — скорость света (?). Но и это еще не все, Лобачевский предполагал использовать свою Воображаемую геометрию в механике и думал, что это приведет к изменению некоторых ее законов, в частности, закона сложения сил. По Старчаку, именно Лобачевский предсказал закон сложения скоростей теории относительности.

Роль Лобачевского в создании теории относительности подробно обсуждал и Г.А. Курсанов [17]. Он утверждал: «Идеи Лобачевского о зависимости геометрических понятий от физических, материальных свойств пространства не только предвосхитили идеи теории относительности, но и самое создание теории относительности было бы невозможно без создания неевклидовых геометрий, без гениальных идей Лобачевского. Лобачевский предвидел, что если физические свойства пространства подтвердят справедливость неевклидовой геометрии, то это вызовет *необходимость пересмотра и классической ньютоновой механики*» [17. С. 182]. Курсанов высказал предположение, что геометрия реальной Вселенной — это гиперболическая геометрия, т.е. геометрия Лобачевского, и тогда Вселенная бесконечна, как утверждает диалектический материализм. «Утверждение же Эйнштейна о царящей в мире эллиптической геометрии (геометрии Римана) требует признания антинаучного тезиса о конечности Вселенной с постоянной кривизной пространства», — пишет в заключение Курсанов [17. С. 183].

Восприятие теории относительности советскими философами хорошо проявилось при обсуждении книги нашего соотечественника академика А.Ф. Иоффе «Основные представления современной физики» [18]. Эта была первая послевоенная научно-популярная книга, в которой были изложены основы современной физики: теория относительности, статистическая, атомная и ядерная физика. Иоффе сильно рисковал — он знал, что изложить современную физику без того, чтобы не затронуть связанные с ней философские проблемы, невозможно. Поэтому в конце книги он поместил специальную часть под заглавием «Методологические выводы», где пытался показать, что новая физика подтверждает основные положения диалектического материализма. Более того, он покритиковал и

физических идеалистов Гейзенберга, Эйнштейна, Эддингтона и Джинса, которые «видят в научном знании лишь приведенные в систему наши переживания» [18. С. 357]. Но это не помогло — на книгу обрушилась сокрушительная критика философов.

Омельяновский в своей рецензии [19] сразу заявляет, что «А.Ф. Иоффе еще не стал на путь последовательного проведения марксистско-ленинского принципа партийности в философии и науке» [19. С. 204]. Его критика касалась в основном физики микромира. Что же до теории относительности, то игнорирование принципа партийности привело к тому, что в книги теория относительности излагается точно так же, как ее излагает сам Эйнштейн, «который выводит основные идеи теории относительности с «точки зрения наблюдателя», из традиционного разбора пресловутых «мысленных измерений» Эйнштейна пространственной и временной координаты при помощи световых сигналов. Такого рода понимание «относительности» означает сведение свойств вещей к их отношениям и ведет прямой дорогой к идеализму» [19. С. 204]. Омельяновский подчеркивает, что длина движущегося тела не зависит от системы отсчета, а есть свойство самого тела. Затем он выдвигает следующее утверждение. Рассмотрим равномерное и прямолинейное движение поезда относительно вокзала. Теория относительности утверждает, что безразлично, кого из них считать покоящимся телом, а какое — движущимся. Это, утверждает Омельяновский, не так — поезд движется и останавливается у вокзала, и это не учитывает теория относительности.

Что же касается общей теории относительности, то, по мнению Омельяновского, у Иоффе здесь все в порядке, хотя он не сделал соответствующих философских выводов. По поводу равноправия систем Птолемея и Коперника Иоффе сделал ссылку на Фока, а по поводу конечности Вселенной — на Фридмана.

Более основательной критике книга Иоффе подверглась в рецензии философов И.В. Кузнецова и Н.Ф. Овчинникова [20]. Они тоже критиковали, главным образом, изложение квантовой механики. Переходя к теории относительности, рецензенты возмутились тем, что Иоффе причислил эту теорию к основным законам природы. «Возведя тео-



рию относительности до уровня Всеобщего закона природы, — писали рецензенты, — автор допустил серьезнейшую ошибку ... Его интерпретация теории относительности носит, по существу, субъективистский характер, и, фактически, не отличается от того, что пишут по поводу теории относительности зарубежные буржуазные физики» [20. С. 120]. Рецензенты считают теорию относительности ограниченной, так как она является макроскопической, но имеет и ограниченное применение в области макрокосмоса.

Рецензенты пишут, что Иоффе при изложении теории относительности делает акцент на процедуре измерения времени и пространства, сводя эту процедуру к условному соглашению. Везде главным является «наблюдатель». Здесь авторы рецензии подчеркивают, что теория относительности изменила представления не только о процессах измерения пространства и времени, но и о самих пространстве и времени — формах существования материи.

Другая ошибка Иоффе, считают рецензенты, — неправильная его трактовка («в духе буржуазных философов») соотношения массы и энергии. В книге везде говорится о эквивалентности массы и энергии, т.е. о возможности замены этих величин друг на друга. В действительности, утверждают рецензенты, речь идет только об их «тесной неразрывной связи». Поэтому высвобождение энергии за счет дефекта массы авторы рецензии трактуют так: «всякому изменению массы системы соответствует вполне определенное изменение ее энергии» [20. С. 124]. Заметим здесь, что вопрос о массе и энергии еще долго являлся предметом дискуссий в советской философской среде (см. ниже).

Книгу Иоффе раскритиковали и на заседании Ученого совета Ленинградского физико-технического института, где он был директором еще совсем недавно [21]. Причем местные критики повторили аргументы статьи Кузнецова и Овчинникова.

Иоффе выступил с традиционным признанием своих философских ошибок. Их он объяснил тем, что книга писалась в 1947–1948 гг., когда философские вопросы физики стояли не так остро. «Недостаточно острая критика зарубежных физиков-идеалистов, — сказал Иоффе, — проистекала из недооценки во время написания книги той

агрессивной позиции, которую они заняли в борьбе двух миров... Следует провести четкую грань между передовой советской марксистской наукой и идеологическим туманом, под которым скрывается научная реакция, под покровом которой ведется идеологическая война против сил мира и демократии» [21. Л. 107–108].

С позиций нашего времени покаяние Иоффе можно было бы считать непринципиальным, но в те годы это был единственный способ сохранить себя в профессии.

В августе 1954 г. Иоффе опубликовал в УФН письмо в редакцию с признанием своих философских ошибок [22]. «Совершенно верно, что теория относительности изложена в моей книге неудовлетворительно как с дидактической, так и с философской стороны: систематическое привлечение наблюдателя и методики измерений в движущейся среде, как обоснование теории во всех изложениях, в том числе и в моем, затемняет ее физическое и философское содержание как учения об обусловленности пространственно-временных свойствах материальной среды» [22. С. 589], — признает Иоффе. Иоффе считает, что описание системы с точки зрения наблюдателя удовлетворяет как идеалиста, так и материалиста, и не дает представления о том, что же на самом деле происходит в движущейся системе.

Большое место в ответе Иоффе занял вопрос о связи массы и энергии. Он признал, что двадцать лет назад считал, что поскольку масса определяет весь запас ее энергии, то допустимо измерять в энергетических единицах и количество материи. «Этой ошибки я с тех пор больше не повторял... Я ее признаю и сожалею о ней» [22. С. 590], — пишет Иоффе. Однако, продолжает он, некоторые авторы обвиняют его в том, что он говорит о превращении вещества в энергию. Поэтому дальше Иоффе подробно разъясняет свою позицию по данному вопросу.

Он не понимает разницу между «эквивалентностью» (употребляемой физиками) и «взаимосвязью» (употребляемой философами) масс и энергии, но считает, что этот спор не имеет «значения ни для физики, ни для философии» [22. С. 591]. Иоффе подчеркивает, что «есть основание утверждать, что не только изменение энергии связано с изменением массы, но что и весь запас энергии тем же соотношением связан со всей массой» [22. С. 591]. Он при-

знает неудачной фразу «энергия обладает массой», хотя подчеркнул, что речь идет о массе покоя. Далее Иоффе признал, что «более серьезные недостатки имеются при изложении квантовой теории» и подробно разобрал свои ошибки.

Закончил Иоффе свое письмо так: «Необходима решительная борьба с идеалистическими теориями, в каком бы виде они ни появлялись. В моей книге нет такой борьбы... Я недооценил враждебности этих концепций и тогда, когда писалась моя книга. Это — моя ошибка» [22. С. 597].

#### 4

Основной удар по физическим идеалистам и космополитам от физики советские философы нанесли в знаменитом «зеленом томе» — сборнике «Философские вопросы современной физики» [23], вышедшем в 1952 г. В нем досталось и теории относительности.

Цель сборника, как сказано в предисловии, «способствовать борьбе за передовую физическую теорию, борьбе с пережитками капитализма в сознании советских физиков». При этом авторы предисловия откровенно сетуют на то, что в «среде советских физиков еще не проделана работа, аналогичная той, которая дала значительные результаты в агробиологии, физиологии и некоторых других отраслей советской науки» [23. С. 4]. Здесь они явно имеют в виду отмену Всесоюзного совещания физиков (см. выше).

Выходу этого сборника предшествовала острая борьба академических физиков с философами, которые хотели сделать его рупором борьбы с идеализмом и космополитизмом. Статьи этих философов получили резко отрицательные отзывы ведущих физиков. Они несколько раз переделывались, но все же некоторые из них вошли в окончательный вариант сборника. На заседании Оргкомитета по подготовке совещания физиков составители включили в сборник и доклад уже покойного академика Вавилова.

Методологические проблемы, которые ставит теория относительности, обсуждались в большинстве статей сборника. И.В. Кузнецов в статье «Советская физика и диалектический материализм» утверждает, что «непреодоленны-

ми остаются, в частности, серьезнейшие ошибки, связанные с трактовкой закономерностей движения материальных объектов с большими скоростями (так он называет теорию относительности — А.С.). *Эта область в последние десятилетия стала одной из важнейших в физической науке и достигла значительных успехов.* Однако успешному развитию теории движения с большими скоростями мешает распространенная среди физиков эйнштейнианская трактовка закономерностей быстрых движений, эйнштейнианское понимание существа физической теории.

Интересы физической науки настоятельно требуют глубокой критики и решительного разоблачения *всей системы* теоретических взглядов Эйнштейна и его последователей эйнштейнианцев в области физики, а не просто отдельных их философских высказываний. Идеалистические воззрения Эйнштейна и эйнштейнианцев заводят физическую теорию в безвыходный тупик. *Разоблачение реакционного эйнштейнианства в области физической науки — одна из наиболее актуальных задач советских физиков и философов»* [23. С. 46–47].

А дальше Кузнецов поучает физиков, как нужно строить физическую теорию в соответствии с диалектическим материализмом. Затем он возвращается к Эйнштейну и вопрошает: «Каковы же взгляды Эйнштейна на теорию относительности? Какой смысл он вкладывает в нее?» [23. С. 48]. И отвечает, что для Эйнштейна теория относительности не описывает объективное движение тел в природе, а представляет собой «простое логическое следствие условно принятых процедур измерения» [23. С. 48]. Поэтому для него, поясняет Кузнецов, теория — «не более чем приемы упорядочения ощущений наблюдателей... Это — типичная субъективно-идеалистическая постановка вопроса, порывающая с наукой, непримеримо враждебная науке» [23. С. 49].

По Эйнштейну, пишет далее Кузнецов, связи между явлениями природы выражаются математическими уравнениями. «Никакой физик-материалист, — утверждает Кузнецов, — не может мириться с этими представлениями. Но это значит, что *то, что Эйнштейн и эйнштейнианцы выдают за физическую теорию, не может быть признано научной физической теорией»* [23. С. 52].

Распространено мнение, пишет Кузнецов, что теория относительности хорошо подтверждается многими экспериментами и наблюдениями. Однако, поясняет Кузнецов, «когда физик-материалист говорит о теории относительности, он имеет в виду нечто совершенно отличное от того, что рисуют нам Эйнштейн и эйнштейншанцы в их теориях. Они совсем по-иному понимают смысл уравнений, установленных при исследовании весьма быстрых процессов» [23. С. 54]. Вот такая оригинальная точка зрения — уравнения те, а смысл их — другой!

Что же касается общей теории относительности, то и тут у Кузнецова свой оригинальный подход. Речь идет о принципе соответствия. Оказывается, по Кузнецову, в соответствии с этим принципом «произошла подмена реального физического объекта — гравитационного поля, являющегося одной из форм материи, воображаемым «объектом», само существование которого обязано просто выбору наблюдателем новой «точки зрения» [23. С. 60], а уравнения тяготения «в действительности Эйнштейном не выведены физически, а угаданы, должны трактоваться совсем не так, как они трактуются в общей теории относительности, полностью кинематизирующей и геометризующей материальное гравитационное поле» [23. С. 62].

Интересно, что Кузнецов не только «разгромил» теорию относительности, но он предлагает пути построения новой «теории быстрых движений», согласующейся с диалектическим материализмом. Оказывается, он вынужден это сделать потому, что «идейно-философский тупик, в который с годами уходил все глубже Эйнштейн, имеет неизбежным следствием научную бесплодность» [23. С. 62].

Исходным пунктом этого нового пути Кузнецов считает труды Н.И. Лобачевского, который «первым в истории естествознания выдвинул идею неразрывной связи свойств пространства и материи» [23. С. 67]. Далее идет Н.А. Умов, который, как пишет Кузнецов, «прямо указал на возможность зависимости массы тел от скорости» [23. С. 67]. Затем П.Н. Лебедев, который установил связь между массой и энергией. Потом «физик-материалист» Г. Лоренц, получивший уравнения преобразования пространственных и временных величин, справедливые при больших скоростях. Ну, и наконец, Эйнштейн, сыгравший «важную роль в от-

крытии некоторых из указанных физических закономерностей» [23. С. 68]. Но чтобы ни у кого не возникало никаких недоумений, Кузнецов тут же добавляет: «однако созданная им (Эйнштейном. — А.С.) теоретическая концепция всей совокупности законов быстрых движений стоит в непримиримом противоречии с существом вновь найденных законов» [23. С. 68].

А вывод, к которому пришел в результате Кузнецов, состоит в следующем: «Критикуя общепhilosophические идеалистические высказывания Эйнштейна, нередко говорят о необходимости сохранения теории относительности Эйнштейна как «физической теории». Из сказанного выше следует, что такой подход к эйнштейновской теории относительности неправилен. Во-первых, общепhilosophические положения, провозглашенные Эйнштейном, не являются на самом деле неким внешним «привеском» к его теории, всего лишь «неправомерным выводом из нее», а входит в нее, существенно определяют само ее содержание. Сами по себе уравнения, фигурирующие в этой теории, не составляют «физической теории». *Материалистическое же* истолкование закономерностей быстрых движений есть в действительности *отказ от теории относительности Эйнштейна как от физической теории* и развитие принципиально иной по своей сути физической теории. Во-вторых, стремление «подправить» эйнштейновскую теорию относительности, «чинить или латать» ее запутывает фактическое положение дел в этой области физики. Оно неправильно ориентирует ученых, снимает с физики задачу всесторонней разработки основ действительно научной и последовательной теории движения с большой скоростью, основанной на принципах диалектического материализма, адекватно выражающей сущность уже познанных закономерностей и открывающей пути для раскрытия новых закономерностей» [23. С. 72].

Вот так! Можно думать, что эта беспардонная статья не что иное, как призыв, по образцу и подобию мичуринской биологии, строить «мичуринскую физику».

М.М. Карпов в статье «Критика философских взглядов А. Эйнштейна» доказывает, что великий физик был идеалистом и махистом. Отсюда и его идеалистический и махистский взгляд на пространство и время. «Геометрия —

наука о пространственных формах внешнего мира, по Эйнштейну, занимается, как и все науки, лишь упорядочением ощущений» [23. С. 219], — пишет Карпов. Что касается времени, то оно у Эйнштейна тоже субъективно. Оно зависит от субъекта (человека) и его часов. «Не будь человека (и его часов), не было бы и времени, таков взгляд Эйнштейна на время», — продолжает Карпов.

«В 1946 г. Эйнштейн выпустил книгу «The meaning of relativity», в которой объявляет себя сторонником реакционной теории расширяющегося мира. В этой книге он пытается «научно доказать» поповскую догму о сотворении мира...Эта «теория» служит оружием идеалистов в борьбе против диалектического материализма» [23. С. 222], — далее пишет Карпов.

Еще одна статья сборника, громящая теорию относительности, принадлежит Р.Я. Штейнману. Она называется «За материалистическую теорию быстрых движений». Штейнман, как и Кузнецов, утверждает, что теория относительности никуда не годится и ее надо заменить материалистической теорией быстрых движений. «Основным пороком эйнштейновского понимания теории относительности, — пишет он, — является кинематизация (или геометризация) основ последней. Это, в свою очередь, связано с тем, что соотношения между пространственными и временными величинами, полагаемые в основу теории, рассматриваются как следствия некоторых универсальных *принципов измерения* этих величин, в силу этого имеющие неограниченное применение» [23. С. 235]. По мнению Штейнмана, теорию относительности нельзя считать ни исчерпанной — даже в пределах ее применимости, — ни абсолютной, т.е. применимой ко всем без исключения процессам в любых «замкнутых» инерциальных системах. Кроме того, теория относительности не дает ответа на вопрос о «механизме» *установления* относительности длин, длительности, масс и так далее. «Однако, — пишет Штейнман, — в теории относительности есть положительное содержание, по существу противоречащее трактовке теории, данной Эйнштейном» [23. С. 295]. Правда, что это за положительное содержание, Штейнман не сообщил.

В заключение своей статьи Штейнман призвал советских физиков к «критической переработке основных теорий

современной физики, в том числе и теории относительности» [23. С. 297].

А.И. Уемов в статье «Гелиоцентрическая система Коперника и теория относительности» на многих страницах «опровергает» Эйнштейна и доказывает, что Коперник был прав.

Теория относительности упоминается и в статье А.В. Шугайлина «Об открытии светового давления П.Н. Лебедевым». В ней утверждается, со ссылкой на С.И. Вавилова, что именно Лебедев, а не Эйнштейн, установил связь между энергией тела и его массой.

Остальные статьи сборника, посвященные философским вопросам квантовой механики, были написаны в том же духе отрицания.

«Зеленый том» физики разгромили на философском семинаре в Физическом институте АН СССР 27 января 1953 г. [24]. В своем докладе академик Фок сказал, что теория относительности и квантовая механика являются основой современной физики и подтверждаются громадным опытным материалом. Философы же считают, что эти теории настолько пропитаны идеализмом, что после их чистки мало что останется от сути самих этих теорий. Они призывают вернуться к доэйнштейновской классической физике, считая, что это и есть диалектический материализм.

«Общая тенденция сборника, — продолжал Фок, — несомненно, антинаучная. Ни в одной статье в сборнике нет безоговорочного признания правильности теории относительности и квантовой механики. Но в ряде статей есть более или менее прямое их отрицание» [24. Л. 6].

«Так вот, все это вместе взятое, — сказал в заключение Фок, — низкий научный уровень, низкий философский уровень большинства работ, резкий антинаучный характер некоторых из них — заставляет признать сборник порочным и способным нанести вред» [24. Л. 8].

Эту оценку, данную Фоком «Зеленому тому», поддержали все выступавшие физики.

## 5

Как хорошо было видно из приведенной выше информации, советские философы, в целом, относились к теории



относительности насторожено. Конечно, такие, как Максимов, вообще считали ее лженаукой. Более осторожные философы огульно ее не отрицали, но видели в ней пропаганду идеализма и махизма, а ее выводы несовместимыми с диалектическим материализмом.

И вдруг в 1951 г. в журнале «Вопросы философии», который только что громил теорию относительности, появляется статья Г.И. Наана, того самого Наана, который еще недавно критиковал физический идеализм [8], где он защищал физическое содержание теории относительности. По его мнению, причиной критики философами теории относительности является «путаница». *«Исходным пунктом всей путаницы в вопросе о смысле и значении принципа относительности в физике является сознательное или бессознательное отождествление физической относительности с необъективностью»* [25. С. 58], — пишет Наан. Он подробно разъясняет, что физическая относительность не имеет ничего общего с относительностью в философском смысле, и считает, что теория относительности вполне материалистическая теория. Ее основы Наан излагает, начиная с систем отсчета, принципа относительности Галилея. Специальный раздел статьи называется «Вздорность трактовки принципа относительности физическим идеализмом», где Наан показывает, что физические идеалисты подменяют *«системы отсчета наблюдателем и его точкой зрения, подменяют объективное субъективным»* [25. С. 70].

Вот эта подмена привела Максимова к отрицанию физического содержания теории относительности, пишет Наан. Он рассказывает об «открытии» Максимовым абсолютной траектории тела, о том, что, по его мнению, есть абсолютные размеры тела и абсолютное время.

В заключение Наан пишет: «В общем, как мы видели, теория относительности может быть понята с точки зрения идеализма и метафизического материализма столь же мало, как и любая другая современная естественно-научная теория. Попытка же обратить ее против диалектического материализма, несмотря на все усилия физических идеалистов, представляет собой, в конечном счете, лишь софистику. Физика, как и все естествознание, несмотря на противодействие буржуазных философов и физиков, дает

все новые подтверждения правоты диалектико-материалистического мировоззрения» [25. С. 77].

Возникает вопрос: как могла в те годы появиться такая статья в журнале «Вопросы философии»? По мнению М.Д. Ахундова и Л.Б. Баженова [26], это было сделано умышленно — редакция решила организовать дискуссию по теории относительности и к статье Наана сделала примечание: «Печатается в порядке обсуждения. Редакция просит специалистов высказаться по вопросам, затронутым в статье» [25. С. 57]. Но, зная позицию журнала, Ахундов и Баженов высказали предположение, что Наан был выбран в качестве «мальчика для битья» — отклики на его статью должны были окончательно разгромить теорию относительности.

Первые отклики на статью Наана подтвердили это предположение. В том же номере журнала, вслед за статьей Наана, были «в порядке обсуждения» опубликованы сразу четыре статьи, резко критикующие обсуждаемую статью. При этом все критики подтверждали свои аргументы ссылками не на физиков, а на классиков марксизма-ленинизма.

Статья Г.А. Курсанова начиналась вполне определенно: «статья Г.И. Наана... не является удовлетворительной прежде всего потому, что в ней почти отсутствует критика порочных сторон и выводов теории относительности» [27. С. 169]. Как это ни удивительно, Курсанов защищает идею Максимова об абсолютной траектории движущегося тела. Он пишет: «Всякое материальное тело движется в реальном объективном пространстве, занимая в каждый момент времени вполне определенное место в данной точке пространства (и непрерывно выходя из нее), а не 5 или 12 различных точек. Следовательно, всякое материальное тело в своем движении в пространстве и времени имеет одну действительную траекторию, а не 5 или 12» [27. С. 170]. Но, признает Курсанов, для описания этого движения «во взаимодействии с другими телами» приходится вводить разные траектории.

Далее Курсанов обвиняет Наана, который, «слепо следуя за авторами теории относительности и всеми философами и физиками-идеалистами, заявляет, что теория относительности якобы доказала реальную сокращаемость

длин и интервалов (времени)» [27. С. 170]. На самом деле, пишет Курсанов, никакого сокращения нет, а «взаимодействие тел в движении дает соответствующий результат измерения пространственных и временных интервалов» [27. С. 171].

«Разоблачает» Курсанов и махистские утверждения Эйнштейна о конечности Вселенной и о геометризации пространства. А апофиозом доказательной базы Курсанов считает попытка Эйнштейна построить единую теорию поля, которую Курсанов назвал «лженаучной».

Другой критик Наана, В. Штерн (Берлин), ставит ему в вину разделение философской и физической относительности. «Что верно в философии, то верно в физике» [28. С. 175], — пишет Штерн. Поэтому «утверждение, что нет абсолютного пространства и абсолютного движения, является не чисто физическим, а философским, и именно агностико-идеалистическим, релятивистским утверждением, которое, в конце концов, ведет к отрицанию объективной реальности пространства и научная несостоятельность которого может быть доказана» [28. С. 177]. Абсолютное пространство — это бесконечная вселенная, и движение в ней — это абсолютное движение. То есть абсолютное движение существует, как и абсолютная истина, но мы его не постигаем, так же как абсолютную истину.

Штерн утверждает, что существует и абсолютное время и оно не связано с замедлением хода часов в движущейся системе. Абсолютное время существует в абсолютном пространстве.

Д.И. Блохинцев [29] фактически не критикует Наана, а излагает свое понимание инерциальных систем. Опираясь на ленинское понятие об абсолютной истине, он считает, что по мере развития науки будет найдена инерциальная система, которая в наибольшей степени отвечает этому определению — «наинерциальнейшая» система, и тогда можно будет говорить об абсолютном движении любого тела относительно этой системы.

М.Б. Вильницкий [30] критикует Наана за то, что тот сводит теорию относительности только к установлению количественных связей и выражению их математическими формулами, а не как систему взглядов автора теории. Эйнштейн, по мнению Вильницкого, интерпретирует отно-

сительное движение так, что «движение данного тела ра-  
створяется в отношении к телу отсчета. Этот взгляд пря-  
мой дорогой ведет к отрицанию объективности движения,  
к философскому субъективному релятивизму» [30.  
С. 184]. То же самое относится и ко времени. Эта трактов-  
ка, когда все многообразие взаимодействия тел сводится  
только к системе отсчета, ведет к идеализму.

К этим статьям подверстано «От редакции», в котором  
«Редакция обращается к советским ученым с просьбой  
принять участие в обсуждении философских проблем спе-  
циальной и общей теории относительности, а также про-  
блем массы и энергии» [31. С. 186].

Советские ученые-физики откликнулись на этот при-  
зыв, но их реакция была совсем не той, которую ожидала  
редакция журнала «Вопросы философии».

Так, М.Ф. Широков представил большую статью [32],  
где в очередной раз, но уже с физической аргументацией  
опровергает утверждение идеалистов и махистов о равно-  
правии гелиоцентрической и геоцентрической систем.

Я.П. Терлецкий обращает внимание на математический  
аспект теории относительности [33]. По его мнению, основ-  
ное содержание теории относительности — это установле-  
ние геометрической связи пространства и времени. При  
этом главное — это «представление Минковского о четы-  
рехмерном, геометрическом пространственно-временном  
многообразии и взгляд на систему отсчета только как на  
способ изображения пространства-времени» [33. С. 195].  
Поэтому он считает более правильным называть ее просто  
«четырёхмерная теория», так как временной интервал —  
это проекция четырехмерного интервала, а скорость —  
проекция четырехмерной скорости.

По Терлецкому, выбор системы отсчета определяется не  
наличием каких-либо реальных тел отсчета, а постанов-  
кой задачи и методами ее решения. Тогда система отсче-  
та — только способ изображения пространства и поэтому  
объективные характеристики тел есть только отражение  
абсолютных их свойств при том или ином «способе изоб-  
ражения». Таким образом, Терлецкий отрицает всякую  
объективную физическую относительность. Так, «время  
относительно данной системы отсчета» не объективно, а  
существует только в нашем сознании как «способ изобраа-

жения», как элемент «воображаемой координатной сетки» [33. С. 194].

П.Г. Кард констатирует, что многие философы, участвующие в дискуссии по теории относительности, «заняли по отношению к этой теории фактически нигилистическую позицию» [34. С. 240], они на словах ратовали за материалистическое понимание теории относительности, но о самой теории, в силу того, что они «не знают, что такое теория относительности», ничего вразумительного не могли сказать. Кард в своей статье показывает, «что эта позиция неверна и что правильно понятая теория относительности глубоко материалистична» [34. С. 240].

Он критикует Наана и Штерна за различные неточности при изложении специальной теории относительности и подробно разъясняет понятие об инерциальных системах, траектории тел, проблему наблюдателя, определение одновременности событий и т.п. Правда, он считает, что нельзя отделять философское и физическое понимание принципа относительности, так как всякое достижение физики находит отражение в философии.

Большущую статью опубликовал в следующем номере журнала «Вопросы философии» И.П. Базаров [35]. В соответствии с диалектическим материализмом, который учит различать результаты физических исследований и философские выводы из них, он считает, что есть теория относительности — учение о количественных пространственно-временных закономерностях движущихся тел, и есть теория относительности Эйнштейна, где кроме этих закономерностей еще и его интерпретация их.

В результате длительных рассуждений и критики всех предыдущих участников дискуссии Базаров пришел к следующему выводу:

«1. Теория относительности на основе закона природы об универсальности скорости света раскрывает пространственно-временные свойства тел в их отношениях с другими телами, устанавливая новые представления о пространстве и времени. Этим определяется ее основное содержание.

2. Философская интерпретация этого содержания теории относительности, даваемая Эйнштейном и его последователями, является идеалистической, реакционной и должна быть поэтому отброшена» [35. С. 185].

Похожую позицию занимает и академик В.А. Фок. Он прямо пишет, что «философские взгляды основоположника теории относительности Эйнштейна можно характеризовать как идеалистические (махистские)» [36. С. 169]. Но в формулировке физических законов Эйнштейн выступает как материалист. Философы же, не понимая физики теории относительности, отождествляют ее с философскими установками создателя и поэтому ее отвергают.

Резко критикует Фок наиболее одиозного противника теории относительности Максимова: «А.А. Максимов, несмотря на свою многолетнюю практику в критике физических теорий, не удосужился изучить теорию относительности и опыты, на которых она базируется» [36. С. 173]. Вывод, к которому пришел Фок, вполне определен: «нет ничего более чуждого задачам передовой советской науки, чем невежественная критика этих теорий, приводящая к их бессмысленному и вредному отрицанию» [36. С. 174].

Максимов ответил Фоку в этом же номере журнала большой статьей [37]. Интересно, что редакция решила подстраховаться на тот случай, если читатели сочтут, что статья Максимова выражает официальное мнение редколлегии, которое в то время было обязательным для всех советских философов. Поэтому к статье дана сноска «Статья члена редколлегии А.А. Максимова печатается как дискуссионная, в общем порядке» [37. С. 175].

Как это ни странно, но Максимов практически не отвечает на критику Фока. Он подробно рассказывает о ньютоновских Началах (по-видимому, для того, чтобы показать, что физику он знает), затем — о движении как форме бытия материи, о законе стоимости Маркса и об измерении стоимости, о философских взглядах Эйнштейна. Затем Максимов опять пытается доказать единственность траектории тела. Правда, на этот раз Максимов скорректировал свою позицию. Теперь он пишет, что траектория существует «в одной-единственной форме — в той, которая реально существует в реальном пространстве Земли» [37. С. 190].

И вывод Максимов делает традиционный: «Определяя задачу диалектических материалистов как задачу «очищения» и «истолкования» того, что создано буржуазными физиками, В.А. Фок уводит внимание наших физиков и

философов от создания подлинно новаторских теорий, сбивая их на путь апологетики, враждебных диалектическому материализму воззрений» [37. С. 178].

Критике взглядов Терлецкого и Максимова была посвящена большая статья член-корреспондента АН СССР А.Д. Александрова [38]. Подробно рассмотрев аргументацию Терлецкого (см. выше), Александров пришел к следующим выводам:

«1. Теория относительности есть *физическая* теория, а четырехмерная геометрия есть ее математическая форма, которая не может быть верно понята в отрыве от физического содержания теории. Нельзя сводить теорию относительности только к четырехмерной геометрии, отбрасывая ее физическое содержание.

2. Система отсчета есть объективная координация предметов и явлений по отношению к телу отсчета, определенная их материальными связями с телом отсчета. Система координат есть абстракция этих реальных отношений и имеет тем самым объективное содержание. Неправильно усматривать в системе отсчета только способ изображения, только воображаемую координатно-временную сетку и утверждать, что без познающего субъекта понятие системы отсчета бессмысленно. Всякий научный «способ изображения» отражает нечто объективно существующее, и именно это объективно существующее является предметом физики; выявление объективного содержания научных понятий должно составлять первую задачу материалиста, подходящего к анализу теории.

3. Физическая относительность как проявление свойств тел и процессов в их отношениях друг к другу существует столь же несомненно, как сами тела и процессы. Ошибочно отрицать объективную физическую относительность и заменять ее зависимостью от выбора способа изображения, зависимостью от точки зрения физика.

4. Принцип относительности есть объективный закон физики, отражающий объективно общее в реальных отношениях предметов и явлений. Нельзя толковать принцип относительности как утверждение о независимости законов физики от выбора способов их изображения и подменять объективный закон, касающийся объективной действительности независимо от сознания, общим положени-

ем, касающимся отношений объекта к познающему субъекту» [38. С. 238].

Что же касается критики Максимова, то тут спорить не о чем — нельзя путать физику и философию, да и прежде чем писать о физике, ее надо изучать.

Последним в дискуссии выступил Н.Н. Харин [39], который раскритиковал Штерна (см. выше) за его «абсолютное пространство» и «абсолютное движение». Кроме него, по его мнению, взгляды участников дискуссии Максимова, Кузнецова, Курсанова «находятся в противоречии с требованиями марксистской философии к анализу содержания научных теорий» [39. С. 199]. Он подробно проанализировал ошибки этих философов, о которых мы говорили выше.

Редакция журнала «Вопросы философии» подвела итоги дискуссии только в 1955 г., когда общая политическая и идеологическая атмосфера серьезно изменилась.

## 6

Вслед за журналом «Вопросы философии» дискуссию по проблеме связи массы и энергии, установленной теорией относительности, организовал журнал «Успехи физических наук» (УФН). В выпуске 2 за 1952 г. была опубликована заметка «От редакции» [40. С. 146–147]. В заметке говорится, что открытие закона взаимосвязи массы и энергии, подготовленное классическими экспериментами П.Н. Лебедева и обобщенное «в теории быстрых движений», является большим успехом современной физики. Но этот закон за рубежом получил идеалистическое истолкование. И в советской литературе тоже существует определенная путаница. Так, в статье Т.П. Кравца, опубликованной в УФН [41], утверждается, что энергия есть материя. Некоторые говорят и о взаимопревращении массы и энергии. Но это недоразумение. Поэтому редакция открывает дискуссию по этому вопросу и просит физиков высказать свою точку зрения.

Действительно, Кравец в своей статье писал: «Энергия предстает нам как некоторая субстанция, во всем подобная весомому веществу и наделенная всеми теми свойства-



ми, которые заставляют нас считать весомое вещество субстанцией: она неразрушима и несоздаваема; она локализована в пространстве; она движется и передается; она обладает инертной массой; она весома; она разделена на атомы. Устанавливается точный закон эквивалентности между энергией и веществом. Можно утверждать, что то и другое в одинаковой мере суть то, что мы называем материей» [41. С. 357].

В этом же выпуске [40] редакция опубликовала шесть статей ведущих советских физиков на эту тему.

Сотрудники физического факультета МГУ А.М. Бутов и Е.Г. Швидковский в большой статье [42] раскритиковали идеалистические извращения в понимании массы и энергии. Так, Д. Франк-Каменецкий утверждает, что масса — это одна из форм энергии. А.И. Бродский пишет, что масса и энергия есть разные формы движения материи, а Т.П. Кравец — что энергия это субстанция. А.А. Максимов говорит, что масса и энергия эквивалентны. Все эти точки зрения авторы статьи считают идеалистическими. Они утверждают, что между массой и энергией есть только взаимосвязь, которая и выражается законом Эйнштейна  $E = mc^2$ . Но что это такое, авторы так и не разъясняют.

Более содержательные статьи опубликовали академик В.А. Фок и профессор С.Э. Фриш.

Вначале Фок [43] подробно рассказывает об инертной и гравитационной массах и их равенстве, об определении энергии через способность производить работу. Это, по-видимому, ликбез для философов. Затем Фок пишет, что «теория относительности утверждает, что масса и энергия неразрывно друг с другом связаны и притом пропорциональны друг другу. Это относится не только к изменениям кинетической энергии тела, при которых масса покоя остается неизменной, но и к изменениям различных видов внутренней энергии, при которых масса покоя меняется» [43. С. 162]. Эта неразрывная связь и пропорциональность позволяют «выражать массу и энергию в одних и тех же (скажем, энергетических) единицах».

И вот тут Фок ставит интересный вопрос: масса и энергия эквивалентны, а фактически наблюдаются два закона сохранения — для массы по взвешиванию, для энергии по выделяющемуся теплу или по произведенной работе? Как

это согласуется с тем, что в теории относительности формулируется только *один* закон? Фок отвечает: «строгий закон сохранения — один: для полной массы  $M$  и для соответствующей ей полной энергии тела  $W$ . Но подавляющая часть энергии (и соответствующей ей массы покоя) в превращениях обычно не участвует и сохраняется в отдельности. Тем самым сохраняется и остальная, активная, часть энергии, участвующая в превращениях» [43. С. 163].

В то же время «определенная из взвешивания полная масса тела практически сохраняется, несмотря на то, что тело выделяет или поглощает энергию. Это объясняется просто недостаточной точностью взвешивания, в соединении с тем, что подавляющую часть массы обычных тел составляет пассивная ее часть» [43. С. 163], — поясняет Фок. Тогда встает вопрос о более глубокой причине того, что при обычных условиях подавляющая часть энергии связана настолько прочно, что находится в совершенно пассивном состоянии. Почему даже ничтожная ее часть не выходит из этого состояния и не нарушает баланса активной части энергии? Фок считает, что ответ следует искать в области квантовой механики.

Большая статья Фриша [44] больше похожа на главу из учебника общей физики. Он подробно рассказывает о формировании понятий о массе и энергии. Переходя к вопросу о связи энергии и массы, Фриш формулирует общеизвестный закон: «Энергия и масса взаимно связаны в том смысле, что увеличение энергии системы приводит к одновременному увеличению ее массы, уменьшение энергии — к уменьшению массы. При этом дело идет о всех проявлениях массы, т. е. при изменении энергии меняются и инерционные и гравитационные свойства системы» [44. С. 181]. При этом он подчеркивает, что ни о каком превращении массы в энергию речи быть не может — эти величины *эквивалентны* друг другу. Поскольку это так, то возникает вопрос: нельзя ли объединить их в одном более общем физическом понятии? В теории относительности для этого вводится так называемый «тензор масс»  $T^{ik}$ , который является функцией состояния системы. Инвариант  $T^{ik}$  имеет размерность плотности масс, тот же инвариант, умноженный на  $c^2$ , — размерность плотности энер-

гии. Но, подчеркивает Фриш, применение такого подхода к ядерным реакциям наталкивается на определенные трудности. Поэтому, считает Фриш, «по нашему мнению, современный уровень знаний еще не позволяет окончательно решить вопрос, можно ли полностью обобщить понятия массы и энергии в едином, более общем понятии, аналогично тому, как это можно сделать по отношению к понятиям о массах «инертной» и «гравитационной» [44. С. 190].

Большая статья Э.В. Шпольского [45] изобилует примерами из различных областей физики, которые позволяют понять, как связаны масса и энергия. Так, на примере соударения абсолютно упругих шаров он показывает, что масса тела зависит от скорости, что в неявном виде содержит соотношение между массой и энергией. На примере образования ядра из протонов и нейтронов вводится понятие дефекта массы, соответствующего энергии связи между частицами. Но это не значит, что здесь масса перешла в энергию, «масса ни во что не превращается и не может превращаться, так как не существует массы без энергии и энергии без массы: то и другое свойство материи неразрывно связаны между собой» [45. С. 205]. С этой точки зрения разъясняется и процесс аннигиляции электрона и позитрона.

Суворов [46] под физику подводит философскую базу. Он считает, что движение в общем смысле — это *«изменение связей тела со всеми другими частями системы, связей, осуществляемых через поле»* [46. С. 217]. Отсюда *«масса тела должна определяться всей совокупностью его связей с другими телами (его полем)»* [46. С. 217]. Поэтому процесс соударения, по Суворову, следует рассматривать не как процесс обмена энергией, а как процесс, в результате которого происходит изменение связи соударяющихся тел с полем, а вследствие этого и изменение их массы. Правда, остается неясным, о каком поле следует говорить при соударении тел?

Этот философский подход типичен и для статьи И.В. Кузнецова [47]. Она представляет собой расширенный текст доклада, прочитанного автором на заседании Ученого совета сектора диалектического материализма Института философии АН СССР в мае 1952 г.

Как и в рассмотренных ранее статьях, вначале Кузнецов рассматривает понятия массы и энергии. Затем он критикует западных идеалистов, которые видят в массе только коэффициент в неких формулах, отрывают ее от материи. То же утверждают и советские физики Хайкин, Иоффе, Юрьев. Раскритиковал Кузнецов и идеалистов, извращающих закон сохранения и превращения энергии.

Затем Кузнецов переходит к главному — к связи массы и энергии. Он пишет, что только идеалисты считают, что масса превращается в энергию, а энергия — в массу. Среди наших физиков это Иоффе, Кравец, Сыркин, Капустинский, Рогинский, Шпольский, Максимов. Разоблачению последнего Кузнецов посвятил большую часть своей статьи.

На самом деле, говорит Кузнецов, «не может быть материального объекта, обладающего массой, но не обладающего в то же время энергией или обладающего энергией, но не имеющего массы: масса и энергия неразрывно связаны между собой» [47. С. 244].

Интересно, что вслед за статьей Кузнецова редакция УФН поместила краткое обсуждение его доклада в Институте философии [48]. Поскольку в обсуждении доклада участвовали большинство авторов рассмотренных нами выше статей и они имели возможность еще раз высказать свои точки зрения и выслушать критику, можно думать, что это обсуждение и есть, до некоторой степени, подведение итогов дискуссии на страницах УФН.

Все выступавшие в обсуждении сохранили свои позиции, заявленные в предыдущих статьях. В принятом после обсуждения доклада решении Ученого совета отмечается важность борьбы против физического идеализма и энергетизма. Вместе с тем указано, что ряд ученых, в частности Максимов, «развивает в корне неправильные взгляды на соотношения массы и энергии и даже материи и энергии» [48. С. 284].

Естественно, что доклад Кузнецова, характер обсуждения и решение Ученого совета не всех удовлетворило. Максимов в своем письме в редакцию УФН [49] обвиняет Кузнецова в том, что он приписывает Максиму утверждение Бутлерова, которое цитирует Максимов, о том, что «количество вещества меняется, превращаясь в энергию».

Кузнецов тут же ответил [50]. Да, признается он, так утверждал действительно Бутлеров. Но ниже Максимов

пишет, что физика XX века полностью подтвердила предположение Буглерова, в котором тот сильно сомневался. Поэтому претензии Максимова не обоснованы. «Письмо А.А. Максимова в редакцию УФН, — пишет Кузнецов, — вновь подтверждает справедливость вывода, сделанного Ученым советом сектора диалектического материализма Института философии АН СССР о том, что А.А. Максимов при обсуждении вопроса о массе и энергии занял несамостоятельную позицию» [50. С. 499].

Терлецкий тоже не доволен [51]. Он пишет, что в обзоре выступлений по докладу Кузнецова Овчинников искажил формулу и смысл, приведенные в выступлении Терлецкого. Овчинников написал, что Терлецкий не считает соотношение  $E = mc^2$  законом природы. Терлецкий оправдывается тем, что это соотношение является лишь частным физическим соотношением, по сравнению с общими законами сохранения, следующими из теории относительности.

Овчинников не преминул ответить тут же [52]. Он цитирует стенограмму, где четко сказано, что Терлецкий, отрицал необходимость называть соотношение  $E = mc^2$  законом природы. И Кузнецов, и Овчинников, пишет далее последний, считают это соотношение законом природы, а не частным физическим соотношением.

В связи с рассматриваемой дискуссией в УФН появились две статьи о понятии масса. А.И. Морозов [53] настаивает, что массу нельзя рассматривать только как меру инерции, так как это сводит массу к движению и, в конечном счете, к энергии. Он считает массу мерой количества материи. А Н.Н. Малов [54] считает, что «количество материи» является настолько неопределенным, что его применение является вообще нежелательным.

Так закончилась и эта дискуссия. В результате, как видно из приведенных материалов, подавляющее большинство физиков поняли, что масса не переходит в энергию и наоборот, а эти два свойства материи взаимосвязаны.

## 7

Обсуждение основных, прежде всего методологических вопросов теории относительности продолжалось все пяти-

десятые годы. Активность проявляли все те же А.Д. Александров [55–57], М.Ф. Широков [58,59], Г.А. Курсанов [60], Я.П. Терлецкий [61], Б.М. Вул [62].

Важным событием стало Всесоюзное совещание по философским вопросам современного естествознания, состоявшееся в Москве в октябре 1958 г. Оно проходило в период идеологической оттепели — уже была реабилитирована кибернетика, теорию относительности уже отрицать было невозможно, генетика уже не считалась лженаукой. Кстати, на совещании Лысенко не выступал, а Н.И. Гащенко, хотя и упоминал мичуринскую биологию, но только в контексте. В следующем году труды этого совещания были опубликованы отдельным томом [63].

На совещании одной из главных тем была теория относительности. Основной доклад по теории относительности сделал член-корреспондент АН СССР А.Д. Александров [64]. Кстати сказать, этот доклад был опубликован заранее [57] и роздан участникам совещания.

Александров начал свой доклад так: «Теория относительности есть физическая теория пространства и времени...и поэтому общие выводы этой теории имеют философское значение и понимание ее невозможно без должного философского анализа ее основ»[64. С. 93]. Дальше Александров попытался раскрыть философам основные положения теории относительности, используя их язык. «Истинная сущность теории относительности, — сказал он, — состоит не в том, что она установила относительность времени, не в том, что она рассматривает явления в их отношениях к тем или иным системам отсчета и находит различие в их характеристиках по отношению к разным системам. Сущность теории относительности состоит в раскрытии того, что эти относительные характеристики суть лишь аспекты безотносительного, абсолютного. Главное не в относительности времени и пространства, а в том, что они являются лишь аспектами единой абсолютной формы существования материи — пространства-времени» [64. С. 95–96]. Эту точку зрения Александров развивал на протяжении всего доклада.

Но начал он с критики ошибок в понимании теории относительности. По его мнению, основная ошибка создателя теории относительности состоит в том, что «*основным*

оказывается понятие инерционной системы отсчета (координат) и исходной — точка зрения относительно, не абсолютная структура (геометрия) пространства-времени, не реальность «сама по себе», а реальность в ее относительном проявлении. Безотносительное же определяется через относительное как инвариант преобразования координат» [64. С. 98]. Такой подход, по Александрову, подобен тому, как надо восстанавливать форму предмета по его различным проекциям и поэтому он содержит ряд трудностей и недостатков.

Этот подход, сказал Александров, дал нашим авторам повод приписывать идеализм самим выводам теории относительности и поносить ее как махистскую. Более того, ряд авторов вообще отрицают эту теорию, как не соответствующую диалектическому материализму. Это происходит, считает Александров, от незнания физики и диалектики. Тут докладчик нелестно критикует И.В. Кузнецова, С.Я. Штейнмана и венгерского ученого Яноши.

Большая же часть доклада Александрова посвящена его попытке построить «правильную» теорию «структуры абсолютного пространства-времени» [64. С. 111]. Самой «правильной теории», конечно, в докладе нет, но есть краткое суммирование ее основ: *«Пространство-время есть множество всяких событий в мире, взятое в отвлечении от всех его свойств, кроме тех, которые определяются структурой системы отношений воздействия одних событий на другие, причем пространство-время является четырехмерным многообразием, максимально однородным, насколько позволяет вообще система указанных отношений. Избранные — инерциальные, или, как мы предложили бы здесь сказать, Лоренцовы системы координат выделяются как избранные самой этой структурой»* [64. С. 125].

В заключение Александров формулирует следующие методологические выводы:

«Теория относительности дает подтверждение, конкретизацию и развитие учения диалектического материализма о пространстве и времени как формах существования материи... Тем, что теория относительности установила все эти связи: пространства и времени, структуры пространства-времени и материи, структуры пространства-

времени и причинности, массы и энергии и т. д., она подтверждает и развивает учение диалектического материализма о взаимной связи и взаимной обусловленности всех сторон действительности, о материальном единстве мира» [64. С. 127–128].

Таким образом, Александров на этом представительном совещании, решения которого, что бы ни говорилось в резолюции (см. ниже), будут обязательны для всех советских философов, еще раз во всеуслышание заявил, что теория относительности вполне соответствует диалектическому материализму. Что же касается его попыток (см. также [57]) развить ее в нужном «абсолютном» плане, то пока у него ничего не вышло.

Второй доклад, связанный с теорией относительности, назывался «Некоторые методологические вопросы космогонии» [65]. Сделал его академик В.А. Амбарцумян. Этот доклад тоже был размножен и роздан участникам совещания.

Амбарцумян был очень осторожен — вначале он долго рассуждал о недопустимости построения «умозрительных» теорий, пытающихся объяснить поведение всего, и призывал опираться только на хорошо проверенные факты.

Положение его было очень тяжелое — астрофизические данные (красное смещение, реликтовое излучение) несомненно говорили о расширении Вселенной и о ее замкнутости. Но это противоречило диалектическому материализму. Что же делать?

Амбарцумян нашел остроумный выход. Да, говорил он, все это есть. Но, во-первых, красное смещение измерено очень неточно и поэтому можно думать, что разбегаются только ближайšie к нам галактики. Во-вторых, выводы общей теории относительности применимы только к однородной вселенной, а она, как показали последние исследования, резко неоднородна. Поэтому рано делать глобальные выводы.

А для того чтобы окончательно не потерять лицо, Амбарцумян заявил: «Сделанные выше критические замечания, относящиеся к построению теорий вселенной в целом, имеющей равномерную плотность, отнюдь не означают, что исследования некоторых формальных решений уравнений тяготения Эйнштейна, при некоторых идеальных,



воображаемых условиях, не имеют никакого смысла. Отнюдь нет. Дело только в том, что следует правильно расценивать значение этих решений» [65. С. 275].

Закончил Амбарцумян так: «Когда мы смело ставили какие-либо вопросы и когда наука подходила к чему-то еще не разгаданному, к чему-то чрезвычайно глубокому и интересному, то нас старались некоторые философы сдерживать, — как бы наши ученые не впали в идеализм! Философы должны знать, что за ними большой долг, и мы хотим, чтобы наши философы настолько углубились в решение больших, принципиальных вопросов в области естествознания, чтобы они могли факелом философской мысли освещать новую дорогу, открывающуюся перед современным естествознанием» [66. С. 290].

В обсуждении докладов приняло участие 44 участника. Большинство выступавших обсуждали проблемы физики микромира, биологии и кибернетики и только несколько выступлений было посвящено теории относительности.

Профессор М.Ф. Широков [66] раскритиковал Александра за то, что в его докладе отрицается объективная реальность общего принципа относительности как физического закона. Он, говорит Александров, имеет лишь формально-математический смысл. Тем самым отрицается реальность инерционных сил и всех физических эффектов, связанных с ними. Но почему-то Александров, тем не менее, признает закон всемирного тяготения.

Академик АН ЭССР Г.И. Наан [67] заметил, что на Западе считают, что наша Вселенная имеет катастрофическое происхождение (Большой взрыв), что приводит к фидеистическим спекуляциям. Наан утверждает, что катастрофическая гипотеза в космологии не необходима. Далее он считает, что красное смещение еще не доказательство расширения всего космического пространства, а вопрос о кривизне пространства еще не решен.

А.Л. Зельманов [68] окончательно запутал вопрос о конечности или бесконечности пространства и времени. Он сказал, что общая теория относительности допускает простые модели, в которых пространство конечно, но и такие модели, где пространство бесконечно. В сложных моделях пространственно-временной континуум инвариантен, но в зависимости от выбранной системы координат

он может распадаться как на конечное пространство, так и на бесконечное.

А.А. Тяпкин [69] поставил на обсуждение вопрос о том, какие конкретные свойства движения и взаимодействия материи отражают релятивистские преобразования пространства и времени? Нужно проанализировать природу релятивистских эффектов, сказал он, вскрыть их причины и выделить в этих эффектах стороны динамического воздействия, которые, безусловно, заключены в самом содержании теории относительности. Необходимо, по его мнению, выяснить причины того, почему в движущейся системе процессы изменяют свою ритмику.

Н.Ф. Овчинников [79] критикует логику построения теории относительности, высказанную Александровым, — от относительного к абсолютному. Но что принять за абсолютное, из доклада не ясно. По Александрову, это материальная связь явлений. Но как ее учесть? Оказывается, абсолютное относится к пространству-времени, т.е. Александров возвращается к логике теории относительности.

В своем заключительном слове Александров ответил на замечания [71]. Он не отрицает общий принцип относительности, как утверждает Широков. Теория относительности есть теория пространства-времени в духе Римановой геометрии, и поэтому какой тип этой геометрии — таково и поле тяготения.

Александров согласен с Овчинниковым, что надо брать за первичное абсолютное. Но Овчинников не понял, что абсолютное это совокупность событий.

В своем заключительном слове один из организаторов совещания член-корреспондент АН СССР П.Н. Федосеев [72] подчеркнул, что заслушанные доклады не являются «руководящими, директивными» материалами, а мнения, высказанные в обсуждении, не являются обязательными. Он настаивал на атмосфере творческой дискуссии без идеологических оценок. «Здесь мы уже не слышали бездоказательного наклеивания ярлыков «идеалист», «метафизик» и т.п.», — сказал Федосеев. Но в то же время: «Борьба против идеализма, против буржуазного влияния должна вестись самым решительным и самым последовательным образом. Это требуют интересы марксистско-ленинского воспитания, интересы развития самой науки» [72. С. 593].

Кстати, Федосеев специально коснулся и теории относительности. Он сказал: «Извращаются, например, данные общей теории относительности в таком направлении, что, якобы, из нее вытекает ограниченность Вселенной в пространстве и начало ее существования во времени... В прошлом веке еще господствовали представления об «абсолютном пространстве» и «абсолютном времени» как о внешних формах, оторванных от материи и друг от друга, а диалектический материализм убедительно доказал, что пространство и время неразрывно связаны с материей и друг с другом» [72. С. 596–597]. Оказывается, не теория относительности, а диалектический материализм!

В решении совещания «О задачах разработки философских вопросов естествознания» [73] говорится о том, что «успехи современного естествознания все глубже раскрывают и обогащают основные положения диалектического материализма. Современная астрономия дает новые научные аргументы для обоснования материалистических идей о бесконечности мира во времени и пространстве» [73. С. 602]. Ну, и конечно, ставится задача усиления борьбы против идеализма и метафизики.

Отчеты о работе этого совещания были опубликованы в журналах «Вопросы философии» [73] и «Успехи физических наук» [74].

В журнале «Вопросы философии» были опубликованы вступительное слово Президента АН СССР академика А.Н. Несмеянова, заключительное слово члена-корреспондента АН СССР П.Н. Федосеева и решение совещания. Кроме того, был дан обзор обсуждения основных тем: квантовой механики (Ю.В. Сачков), теории относительности (Н.Ф. Овчинников) и проблем биологии (Ю.П. Фролов, Л.Н. Плющ и А.И. Игнатов). В заключение Е.Н. Чесноков обобщил результаты работы совещания. Он констатировал, что «совещание прошло под знаком торжества идей диалектического материализма в современном естествознании» [73. С. 88].

В журнале «Успехи физических наук» тоже были опубликованы вступительное слово Президента АН СССР академика А.Н. Несмеянова, заключительное слово члена-корреспондента АН СССР П.Н. Федосеева и решение совещания. В разделе «От редакции» она (редакция)

констатирует что «совещание показало полное единодушие советских ученых в оценке основополагающей роли философии диалектического материализма для современного естествознания» [74. С. 717].

В целом, это совещание положило конец идеологизации науки, когда на протяжении многих лет новейшие достижения современного естествознания и, в частности, теория относительности объявлялись идеалистическими, метафизическими, махистскими, позитивистскими и т.п. потому, что их, науки, методологические выводы противоречили диалектическому материализму.

### Литература

1. Сонин А.С. Борьба с космополитизмом в советской науке. — М.: Наука, 2011.
2. Сонин А.С. Физический идеализм. История одной идеологической кампании. — М.: Физматлит, 1994.
3. Сонин А.С. Восприятие теории относительности в советской философской литературе в 1920–1930-е годы. Этот сборник. С. 193–229
4. ГАРФ. Ф. 9396. Оп. 1. Д. 261. Л. 111–141.
5. ГАРФ. Ф. 9396. Оп. 1. Д. 265. Л. 20–43.
6. Максимов А. А. Марксистский философский материализм и современная физика // Вопросы философии. 1948. № 3. С. 105–124.
7. ГАРФ. Ф. 9396. Оп. 1. Д. 246. Л. 191–262.
8. Наан Г.Н. Современный «физический» идеализм в США и Англии на службе поповщины и реакции // Вопросы философии. 1948. № 2. С. 288–308.
9. Омеляновский М.Э. Фальсификаторы науки (об идеализме в современной физике) // Вопросы философии. 1948. № 3. С. 143–162.
10. Омеляновский М.Э. Борьба материализма против идеализма в современной физике. В сб.: Вопросы диалектического материализма. — М.: АН СССР, 1951. С. 143–170.
11. Штейнман Р.Я. О реакционной роли идеализма в физике // Вопросы философии. 1948. № 3. С. 164–173.
12. Митин М.Б. «Материализм и эмпириокритицизм» В.И. Ленина и борьба против современной идеалистической реакции // Вопросы философии. 1949. № 1. С. 60–84.
13. Варичак В. О неевклидовом истолковании теории относительности // Новые идеи в математике. 1914. № 7. С. 44.
14. Иовлев Н.Н. Пространство и время и принцип относительности в сочинениях Н.И. Лобачевского // Известия Самарского государственного университета. 1922. Вып. 3. С. 9–66.
15. Котельников А.П. Принцип относительности и геометрия Лобачевского / Сборник памяти Лобачевского. — Казань: 1927. С. 30.
16. Сторчак Л.И. Значение идей Лобачевского в развитии представлений о пространстве и времени // Вопросы философии. 1951. № 1. С. 143–147.

17. *Курсанов Г.А.* Диалектический материализм о пространстве и времени // Вопросы философии. 1950. № 3. С. 173–191.
18. *Иоффе А.Ф.* Основные представления современной физики. — М.—Л.: Гостехтеориздат, 1949.
19. *Омельяновский М.Э.* О книге академика А.Ф. Иоффе «Основные представления современной физики» // Вопросы философии. 1951. № 2. С. 203–207.
20. *Кузнецов И.В., Овчинников Н.Ф.* За последовательное диалектико-материалистическое освещение достижений современной физики (О книге А.Ф.Иоффе «Основные представления современной физики») // УФН. 1951. Т. XLV. № 1. С. 113–140.
21. Архив ЛФТИ. Ф. 3. Оп. 1. Д. 210. Л. 60–142.
22. *Иоффе А.Ф.* Письмо в редакцию. К вопросу о философских ошибках моей книги «Основные проблемы (так в тексте. — А.С.) современной физики» // УФН. 1954. Т. LIII. № 4. С. 589–598.
23. Философские вопросы современной физики. — М.: АН СССР, 1952.
24. Архив РАН. Ф. 532. Оп. 1. Д. 231. Л. 1–102.
25. *Наан Г.И.* К вопросу о принципе относительности в физике // Вопросы философии. 1951. № 2. С. 57–77.
26. *Ахундов М.Д., Баженов Л.Б.* Философия и физика в СССР. — М.: Знание, 1989.
27. *Курсанов Г.А.* К критической оценке теории относительности // Вопросы философии. 1952. № 1. С. 169–174.
28. *Штерн В.* К вопросу о философской стороне теории относительности // Вопросы философии. 1952. № 1. С. 175–181.
29. *Блохинцев Д.И.* За ленинское учение о движении // Вопросы философии. 1952. № 1. С. 181–183.
30. *Вильницкий М.Б.* За последовательно-материалистическую трактовку принципа относительности // Вопросы философии. 1952. № 1. С. 183–186.
31. От редакции // Вопросы философии. 1952. № 1. С. 186.
32. *Широков М.Ф.* О преимущественных системах отсчета в ньютоновской механике и теории относительности // Вопросы философии. 1952. № 3. С. 128–139.
33. *Терлецкий Я.П.* О содержании современной физической теории пространства и времени // Вопросы философии. 1952. № 3. С. 191–197.
34. *Кард П.Г.* О теории относительности // Вопросы философии. 1952. № 5. С. 240–247.
35. *Базаров И.П.* За диалектико-материалистическое понимание и развитие теории относительности // Вопросы философии. 1952. № 6. С. 175–185.
36. *Фок В.А.* Против невежественной критики современных физических теорий // Вопросы философии. 1953. № 1. С. 169–174.
37. *Максимов А.А.* Борьба за материализм в современной физике // Вопросы философии. 1953. № 1. С. 175–194.
38. *Александров А.Д.* По поводу некоторых взглядов на теорию относительности // Вопросы философии. 1953. № 5. С. 225–245.
39. *Харин Н.Н.* О некоторых философских проблемах теории относительности // Вопросы философии. 1954. № 4. С. 194–201.
40. От редакции // УФН. 1952. Т. 48. Вып. 2. С. 145–146.

41. *Кравец Т.П.* Эволюция учения об энергии // УФН. 1948. Т. 36. Вып. 11. С. 338–358.
42. *Бутов А.М., Швидковский Е.Г.* О законе взаимосвязи массы и энергии (Против идеалистических извращений в толковании закона  $E = mc^2$ ) // УФН. 1952. Т. 48. Вып. 2. С. 147–160.
43. *Фок В.А.* Масса и энергия // УФН. 1952. Т. 48. Вып. 2. С. 161–165.
44. *Фриш С.Э.* Представление о массе и энергии в современной физике // УФН. 1952. Т. 48. Вып. 2. С. 167–190.
45. *Шпольский Э.В.* О связи между массой и энергией // УФН. 1952. Т. 48. Вып. 2. С. 191–211.
46. *Суворов С.Г.* К вопросу о законе взаимосвязи массы и энергии // УФН. 1952. Т. 48. Вып. 2. С. 213–220.
47. *Кузнецов И.В.* Против идеалистических извращений понятий массы и энергии // УФН. 1952. Т. 48. Вып. 2. С. 221–262.
48. *Овчинников Н.Ф.* Обсуждение доклада И.В.Кузнецова «Против идеалистических извращений понятий массы и энергии» на Ученом совете сектора диалектического материализма Института философии АН СССР (Краткий обзор выступлений) // УФН. 1952. Т. 48. Вып. 2. С. 263–285.
49. *Максимов А.А.* Письмо в редакцию. О статье И.В. Кузнецова «Против идеалистических извращений понятий массы и энергии» // УФН. 1953. Т. 49. Вып. 3. С. 497–498.
50. *Кузнецов И.В.* По поводу письма А.А. Максимова в редакцию журнала «Успехи физических наук» // УФН. 1953. Т. 49. Вып. 3. С. 498–499.
51. *Терлецкий Я.П.* Письмо в редакцию по поводу статьи Н.Ф. Овчинникова «Обсуждение доклада И.В. Кузнецова» // УФН. 1953. Т. 50. Вып. 1. С. 157.
52. *Овчинников Н.Ф.* Ответ Я.П.Терлецкому // УФН. 1953. Т. 50. Вып. 1. С. 158–159.
53. *Морозов А.И.* Масса как мера количества материи // УФН. 1954. Т. 52. № 2. С. 206–217.
54. *Малов Н.Н.* По поводу обсуждения понятия «масса» // УФН. 1954. Т. 52. № 3. С. 498–500.
55. *Александров А.Д.* О сущности теории относительности // Вестник ЛГУ. 1953. № 8. С. 107–108.
56. *Александров А.Д.* Философское содержание и значение теории относительности // Вопросы философии. 1959. № 1. С. 67–84.
57. *Александров А.Д.* Теория относительности как теория абсолютного пространства-времени. В сб.: Философские вопросы современной физики. — М.: АН СССР, 1959. С. 269–323.
58. *Широков М.Ф.* О материалистической сущности теории относительности. В сб.: Философские вопросы современной физики. — М.: АН СССР, 1959. С. 324–369.
59. *Широков М.Ф.* О преимущественных системах отсчета в ньютоновской механике и теории относительности. В сб.: Диалектический материализм и современное естествознание. — М.: Госполитиздат, 1957. С.59–81.
60. *Курсанов Г.А.* К оценки философских взглядов А. Эйнштейна на природу геометрических понятий. В сб.: Философские вопросы современной физики. — М.: АН СССР, 1959. С. 339–410.

61. *Терлецкий Я.П.* О содержании современной физической теории пространства и времени. В сб.: Диалектический материализм и современное естествознание. — М.: Госполитиздат, 1957. С. 82–96.
62. *Вул Б.М.* О законах механического движения в классической и квантовой физики. В сб.: Диалектический материализм и современное естествознание. — М.: Госполитиздат, 1957. С. 45–58.
63. *Философские вопросы современного естествознания. Труды Всесоюзного совещания по философским вопросам естествознания.* — М.: АН СССР, 1959.
64. *Александров А.Д.* Философское содержание и значение теории относительности. В сб.: Философские вопросы современного естествознания. — М.: АН СССР, 1959. С. 93–136.
65. *Амбарцумян В.А.* Некоторые методологические вопросы космогонии. В сб.: Философские вопросы современного естествознания. — М.: АН СССР, 1959. С. 268–290.
66. *Широков М.Ф.* Выступление. В сб.: Философские вопросы современного естествознания. — М.: АН СССР, 1959. С. 365–369.
67. *Наан Г.И.* Выступление. В сб.: Философские вопросы современного естествознания. — М.: АН СССР, 1959. С. 416–420.
68. *Зельманов А.Л.* Выступление. В сб.: Философские вопросы современного естествознания. — М.: АН СССР, 1959. С. 434–441.
69. *Тяпкин А.А.* Выступление. В сб.: Философские вопросы современного естествознания. — М.: АН СССР, 1959. С. 446–449.
70. *Овчинников Н.Ф.* Выступление. В сб.: Философские вопросы современного естествознания. — М.: АН СССР, 1959. С. 449–456.
71. *Александров А.Д.* Заключительное слово. В сб. Философские вопросы современного естествознания. — М.: АН СССР, 1959. С. 573–575.
72. *Федосеев П.Н.* Заключительное слово. В сб. Философские вопросы современного естествознания. — М.: АН СССР, 1959. С. 589–601.
73. Всесоюзное совещание по философским вопросам современного естествознания // Вопросы философии. 1959. № 2. С. 59–88.
74. Всесоюзное совещание по философским вопросам современного естествознания // УФН. 1959. Т. 68. Вып. С. 717–727.

К.А. ТОМИЛИН

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

## **ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ В НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЙ ЛИТЕРАТУРЕ 1910–1920-х годов\***

Восприятие теории относительности в российской научной среде детально исследовалось В.П. Визгиным и Г.Е. Гореликом [1]. Помимо восприятия интерес представляет процесс популяризации научного знания, учитывая то большое научное значение, которое приобрела специальная, а затем и общая теория относительности. Она осуществлялась через лекции и доклады, которые физики читали для учащихся, ученых других специальностей и, вообще, для широких масс, а также через книги и научно-популярные статьи, которые они публиковали. В начале 1910-х годов в России была осознана необходимость выпуска научно-популярного журнала и научно-популярной литературы. Такую роль в России, а затем и в СССР играл научно-популярный журнал «Природа» (см. [2]), а также книги и статьи отечественных ученых и переводы научно-популярных книг западных ученых.

### **Теория относительности в «Природе»**

В 1912 г. в России начала издаваться «Природа» — ежемесячный популярный естественно-исторический журнал для самообразования. Первыми редакторами его были профессора В.А. Вагнер и Л.В. Писаржевский. В журнале публиковались обзоры, написанные научно-популярным стилем, научные новости и библиографические ссылки на но-

---

\* Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 09–08–00246).



вую научную литературу. Задачей журнала было «в возможно более популярной форме, но не принижая научности изложения, знакомить читателя со всем, что появляется нового, важного и интересного в области естествознания».

Создатели журнала увидели «необходимость по возможности вывести науку из-за закрытых дверей лаборатории и ученых кабинетов и, разрушая заблуждения и ложные представления, распространить широко знание завоеванных истин».

В первом номере «Природы» была помещена речь проф. И.И. Боргмана «Последние успехи в физике», произнесенная при открытии отдела физики II Менделеевского съезда 21 декабря 1911 г. [3]. Боргман отмечает важнейшие экспериментальные открытия последних лет — получение жидкого гелия Каммерлинг-Оннесом в 1908 г. и открытие резкого уменьшения сопротивления металлов (позже это получило название сверхпроводимость), открытие в 1909 г. Э. Резерфордом, что альфа-частицы, образуемые при распаде радия, есть атомы гелия, опыты Милликена по определению «величины электрона» (так тогда, следуя Дж. Стони, называли заряд электрона), исследования Ф. Перреном броуновского движения и определения постоянной Авогадро, исследования П.Н. Лебедева давления света на газы, Вуда в области абсорбции и флуоресценции, Томсона каналовых лучей и др. Также Боргман ссылается на опыты Кауфмана, Бухера и Гупки с бета-лучами («потoki атомов отрицательного электричества», ныне — электроны), как доказывающие, «что масса каждой составной частички этих потоков является функцией скорости движения этой частички, что масса, следовательно, не может быть такая, какая свойственная материи, но представляет собою лишь массу электромагнитную» [3. С. 33] (в указанных опытах определялись релятивистские зависимости энергии и импульса от скорости, понятие релятивистской массы ныне не используется как эквивалентное энергии). Развитие теоретической физики Боргман не упоминает, но ссылается на речь Н.А. Умова, произнесенную на пленарном заседании съезда. В конце своей речи Боргман затрагивает вопрос о теории относительности: «Я кончаю свой краткий обзор. Я оставил в стороне все то, что в последнее время было высказано относительно принципа релятивности, природы

излучения и сущности света. Все это касается самого фундамента теоретической физики и возбуждает необычный интерес. Но мне думается, что по этим вопросам еще не время принимать окончательное решение. Недостаточны весьма остроумные спекуляции, весьма изящные сопоставления, нужны факты, нужны данные непосредственных опытов, чтобы раз навсегда отказаться от того, чем жила наша наука в течение всего времени ее необыкновенного развития. Идея об эфире, идея о роли среды в передаче действий на расстояние руководила изысканиями всех крупнейших исследователей в области физики. Эта идея принесла пользу; мы знаем, к каким блестящим результатам привела она. Вероятно, и в будущем она послужит нам» [З. С. 35–36].

В этом же первом номере «Природы» в разделе научных новостей был помещен краткий обзор Л. Писаржевского II Менделеевского съезда [4], в котором он перечислил основные доклады на съезде и привел выдержки из пленарного доклада Н.А. Умова «Характерные черты и задачи современной естественно-научной мысли». На съезде присутствовало 1700 человек как ученые, так и студенты (в том числе будущий академик С.И. Вавилов, что он отметил в своем дневнике). Касаясь речи Умова, Писаржевский привел фрагменты, связанные с теорией относительности. Он писал: «Затем оратор перешел к разъяснению принципа относительности, гласящего, что законы явлений в системе тел для наблюдателя, с нею связанного, представляются одинаковыми, будет ли эта система оставаться в покое или двигаться равномерно и прямолинейно. На чрезвычайно простых примерах в мастерской и понятной форме лектор объяснил слушателям сущность этого принципа и важность его». Писаржевский также отмечает, что Умов в докладе рассматривал изменение понятия времени в связи с теорией относительностью и появление четырехмерного многообразия (пространства-времени).

В февральском номере «Природы» за 1912 г. в разделе «Библиография» публикуется краткая рецензия П.П. Лазарева на издание русского перевода доклада Г. Минковского «Пространство и время», сделанного им на съезде естествоиспытателей и врачей в Кельне в 1908 г. [5]. В рецензии Лазарев отметил: «Последние годы в физике оз-

наменовались пересмотром тех основных принципов, на которых была построена вся наука, и этот пересмотр показал, что целый ряд новых фактов, открытых опытом и не укладывавшихся в старую теорию, можно уложить в стройную и ясную систему, если принять как допущение, как гипотезу, особый принцип относительности, связывающий те явления, которые могли бы наблюдаться в теле во время его движения, с тем, что действительно должно происходить в нем». Лазарев, в частности, отметил, что именно Минковский внес «наиболее крупный и ценный вклад» со стороны математиков в разработку теории относительности.

В номере за июль–август 1912 г. публикуются две рецензии на переводы книг О. Лоджа [6] и Э. Кона и А. Пуанкаре [7]. На первую книгу рецензент (имя его в журнале не приводится) отмечает, что Лодж в своей «чрезвычайно интересной книжке» проводит мысль о мировом эфире как основном веществе, совершенной жидкости, непрерывной, несжимаемой и недвижимой, а также указывает, что есть и другие точки зрения: «Редактор русского перевода указывает в своем предисловии, что “точка зрения Лоджа не является единственной и общепризнанной в науке... что новое физическое мировоззрение, основанное на принципе относительности, совершенно отрицает существование эфира... но Лодж далек от этих новых воззрений... и в настоящей книге излагает то представление об эфире, которое создалось у него в результате многолетнего и настойчивого труда”». Касаясь второй книги, Л.П. (вероятно — Писаржевский) указывает, что «авторы сделали все возможное, чтобы разъяснить не специалисту сущность принципа относительности и новой механики. Но усвоение этих новых идей трудно и для специалиста. Только тогда, когда идеи эти войдут в плоть и кровь научного мировоззрения, они станут вполне доступными для малоподготовленного к их восприятию читателя. Теперь же даже читателю с университетским образованием по физике потребуются значительное напряжение мысли для проникновения в глубину идей, о которых трактуется в этой книжке двумя известными учеными и популяризаторами».

В рецензии П. Бельского на второй выпуск сборника статей переводов ведущих западных ученых «Успехи физики», выпущенный редакцией одесского журнала «Вестник опыт-

ной физики», отмечается содержательность, ясность изложения и полная научность статей, опубликованных в сборнике (М. Планка, А. Риги, Э. Резерфорда, Дж. Томсона и др.). Из семи статей пять излагали «сущность теоретической разработки различных наиболее интересных вопросов физической науки», а две — «о применении на практике успехов физики». Однако теория относительности осталась, как отметил Бельский, вне этого сборника: «Подбор статей дает яркую картину современного состояния физики. В сборнике совсем не затронут «принцип относительности». Редакция объясняет этот пропуск тем, что нельзя было отыскать ни одной статьи, дающей о нем действительно ясное представление не специалисту» [8].

Редакция журнала «Природа» восполняет этот пробел. В ноябрьском номере появляется первое в России обширное популярное изложение теории относительности, написанное О.Д. Хвольсоном [9]. Статья Хвольсона открывала этот номер «Природы». В 1912 г. Хвольсон опубликовал в 4-м томе своего фундаментального «Курса физики» пятую главу, посвященную целиком принципу относительности. Редакция Журнала Русского физико-химического общества (ЖРФХО) обратилась к Хвольсону с просьбой о перепечатке этой главы в виде отдельной журнальной статьи, что и было осуществлено [10]. Сравнение текстов показало, что для читателей «Природы» Хвольсон написал новый текст, концептуально соответствующий публикации в «Курсе физики» и в ЖРФХО, но с минимальным количеством формул, причем их он выделил мелким шрифтом, оговорив, что они «могут быть пропущены читателями, незнакомыми с алгеброй». По этим же причинам (незнакомство читателей журнала с  $\sqrt{-1}$  и мнимыми числами) Хвольсон вынужден был сократить почти все, связанное с Минковским, однако упомянув, что это «еще более смелое учение», в котором два понятия — пространство и время — связываются «в одно нераздельное и однородное целое», и этим Минковский «дал самым основам принципа относительности новое толкование» [9. С. 1278]. Хвольсон также отмечает «несчетное число (Хвольсон, очевидно, имел в виду западные публикации. — *К.Т.*) попыток популярного изложения принципа относительности во всевозможных журналах, а также отдельных брошюрах и на всех культур-

ных языках величайшего научного переворота, на котором ныне сосредоточено внимание ученых специалистов, и которые занимает и волнует их и разделяет их на враждующие между собою группы». В статье Хвольсон отмечает, что в сущности теория Эйнштейна — это «расширение принципа относительности старой механики»: «прямолинейное и равномерное движение в пространстве ни при каких условиях и никакими наблюдениями не может быть обнаружено». Несмотря на некоторые неточности (Хвольсон распространяет не вполне правильные представления о росте массы со скоростью), обзор Хвольсона — это первый популярный обзор теории относительности, написанный на высоком научном и педагогическом уровне. Заключение в обеих статьях Хвольсона были аналогичны, он указал, что существуют и противники теории относительности: «Картина современного (1912) положения теории относительности была бы неполною, если бы мы не указали, в заключение, на разногласие, существующее между учеными по вопросу о значении, которое эта теория имеет и о физической реальности ее выводов. Многие ученые считают ее окончательно установленной, не вызывающей никаких сомнений и навсегда включенной в сокровищницу науки. Но не малое число ученых относятся к ней скептически и даже безусловно отрицательно, считая ее смешною шуткою (ein drolliger Witz). Строго говоря, все ученые, не отрицающие существования эфира, не могут *полностью* стоять на почве вышеизложенной теории относительности. От будущего следует ожидать решения спорных вопросов и выяснения истинного, *физического* значения принципа относительности» [9. С. 1315].

Отметим также, что С.И. Вавилов, как это следует из его дневников, находясь в действующей армии в период первой мировой войны, получил в 1915 г. этот том Хвольсона и изучал именно главу, связанную с принципом относительности, что завершилось публикацией С.И. Вавиловым небольшой заметки в одесском журнале, в которой он пытался предложить другое объяснение опыту Майкельсона [11, 12].

В феврале 1913 г. «Природа» печатает речь Умова «Физические науки в служении человечеству», в которой он также упоминает принцип относительности: «Мы высоко

ценим поэтому всякую новую мысль, как бы колюча и остра она ни была. Ей представляется возможность свободного развития. Воздвигая ему препятствия, мы нанесли бы ущерб тому освещению, которое необходимо разуму, ищущему истины. Физические науки не знают страха перед мыслью. Этому бесстрашию мы обязаны разработкой представления об электромагнитной массе и теории относительности, коренным образом противоречащих установившимся воззрениям на вещи и совершающееся» [13].

В 1913 г. в «Природе» Ф. Соколов помещает рецензию на лекции А. Майкельсона 1899 г., опубликованные в виде книги «Световые волны и их применения». Соколов напоминает, что «ни одно изложение “принципа относительности” — самого жгучего вопроса современной физики — не обходится без упоминания опыта Майкельсона» [14. С. 264]. В этих лекциях, прочитанных еще до статьи Эйнштейна 1905 г., Майкельсон опирается на концепцию эфира, однако отмечает, что «все попытки проверить гипотезу, согласно которой эфир не принимает участия в движении Земли вокруг Солнца (гипотеза неподвижного эфира. — *К.Т.*), дали отрицательные результаты, на основании чего мы можем сказать, что весь вопрос пока еще находится в неудовлетворительном состоянии». Соколов также отмечает, что Хвольсон написал примечания и 5 дополнительных статей к этому изданию, в том числе «Современное положение вопроса об эфире».

В октябрьском номере «Природы» за 1913 г. О. Хвольсон публикует статью «О числе мировых агентов», в которой кратко анализирует эволюцию различных гипотез о первоосновах материи (вещество, теплород, магнетизм, электричество, эфир). Он, в частности, отмечает: «Мы переживаем период великой эволюции научной мысли. Старое рушилось, новое еще не построено» [15. С. 1143] — очевидно, он имел в виду еще и квантовую «революцию», которая как раз происходила в этот период. Далее он пишет: «Современной науки по отношению к основным чертам картины мира не существует. Мы имеем дело с разнообразнейшими гипотезами выдающихся ученых, с хаосом противоположных взглядов, в котором разобраться нелегко» [15. С. 1150]. «Эфир сейчас науке не нужен, он бесполезен (в силу своей непродуктивности. — *К.Т.*), — пишет в заключение Хвольсон. — К этой же идее о не существова-

нии эфира приводит и принцип относительности, играющий большую роль в современной науке. Здесь не место его рассматривать. Отказываясь от эфира, мы должны приписать квантам самодовлеющую реальность». Вывод Хвольсона звучит актуально и сегодня: «Итак: эфира нет, но существуют кванты».

В 1915 г. теория относительности упоминается только в статьях, посвященных Н.А. Умову в связи с его смертью. О.Д. Хвольсон в некрологе отмечает: «В особенности замечательны были его исследования, относившиеся к так называемому принципу относительности, которому была посвящена также значительная часть третьей из вышеуказанных его речей (1911)» [16. С. 154] (Речь о докладе Н.А. Умова «Характерные черты и задачи современной естественно-научной мысли» 21 декабря 1911 г. на II Менделеевском съезде). А.И. Бачинский в более развернутой статье, посвященной Н.А. Умову, пишет: «Н.А. с юношеской восприимчивостью следит за новыми идеями, которые в таком изобилии возникают в физике XX века, изучает появляющиеся во множестве работы и сам берется за перо, чтобы со своей, всегда оригинальной и носящей общий характер, точки зрения осветить смысл воззрений, еще не вполне кристаллизовавшихся. Сюда относятся его статьи о принципе относительности (1910–1912) и теории квант (1913)» [17. С. 304].

В 1916 г. в «Природе» появляются две статьи П.П. Лазарева, посвященные волнам в природе и электромагнитной природе света [18, 19]. В первой статье есть специальный раздел, посвященный «волнам в эфире», где он указывает, что световые явления, происходят «в особой мировой среде — эфире» (с. 549), при этом Лазарев ни словом не упоминает о Майкельсоне, Лоренце и Эйнштейне. То же касается второй статьи, в которой Лазарев упоминает Максвелла и Герца, но не упоминает Лоренца и Эйнштейна.

В отдельные годы в «Природе» не публиковалось никаких статей и научных новостей, связанных с теорией относительностью (1914, 1916, 1917, 1930 и др.). В 1920 г. из-за гражданской войны и разрухи журнал вообще не выпускался.

В 1921 г. издание журнала было возобновлено, вышло четыре строенных номера (1–3, 4–6, 7–9, 10–12). Журнал выходил под ред. проф. Н.К. Кольцова, проф. Л.А. Тарасевича

и акад. А.Е. Ферсмана. Статей по теории относительности и, вообще, по физике также не было, в основном в статьях и научных новостях была представлена биология и медицина, химия и минералогия, геология, а также немного радиотехника и астрономия. Наоборот, в статье Г. Зелигмана «О ритме в природе» [20] автор воспроизводит дорелятивистские воззрения на свет как волны в эфире: «Носителем звука служит воздух. Для света, пробегающего огромные пространства в самые малые промежутки времени, мы вынуждены предполагать среду до того подвижную и эластичную, что опыт не в состоянии проследить за ней. Эта среда есть гипотетический эфир, а свет есть, как предполагают, не что иное, как волнообразное движение в эфире» [20. С. 15].

Однако в конце последнего номера за 1921 г. была помещена библиография немецкой научной литературы по физике и химии за 1919 г., написанная М.А. Блохом. Он указал ряд новых немецких книг по атомной теории и теории относительности и отметил происходящее кардинальное изменение физической картины мира. Среди книг по теории относительности — книги Э. Кона, В. Блоха, А. Брилля, издание Г. Вейлем лекции Римана об основаниях геометрии, том «Физика», коллективного труда «Kultur der Gegenwart», в котором глава по теоретической атомистике и теории относительности написана А. Эйнштейном, а другие главы — М. Планком, Г. Лоренцем и др., три лекции В. Вина, вторая из которых была посвящена физике и теории познания (сопоставление теории относительности и гипотезы квант Планка и взглядов Э. Маха). Он отмечает также, что в Германии наряду с абстрактными работами «о строении атомов, изотопов и теории относительности» наблюдается значительное оживление литературы по истории науки и техники. [21]

В 1922 г. в «Природе» появляются еще три заметки М.А. Блоха [20–24]. В первой заметке он пишет о конкурсе на наиболее понятное изложение принципа относительности, который был организован в Нью-Йорке журналом «New Scientist» и в котором приняло участие более 300 человек. Интересно, что победил в конкурсе участник из Англии той же, что и Эйнштейн, профессии — служащий патентного бюро.

Во второй заметке Блох описывает содержание бесед немецкого журналиста А. Мошковского (он называет его «гётевским Эккерманом в XX столетии») с Эйнштейном, опубликован-



ных на русском языке в виде отдельного издания [25], в которых затрагивались такие вопросы, как наследование гениальности, взгляды Эйнштейна на педагогику, на литературу и др. В третьей заметке Блох приводит оценки размеров мира, сделанные Эйнштейном и другими учеными на основе общей теории относительности [24].

В дальнейшем явный крен в «Природе» в химико-биологическую и геолого-минералогическую сторону был преодолен (ясно, что такой крен был вызван научными интересами Н.К. Кольцова и А.Е. Ферсмана), и в журнале в конце 1920-х годов печатаются статьи о работах выдающихся западных физиков и астрофизиков и переводы их научно-популярных статей (П.А.М. Дирак, Дж. Джинс, В. де Ситтер).

В 1928 г. в «Природе» публикуется заметка «Памяти А.А. Фридмана» (автор скрыт за инициалами Л.Б.) [26], в которой указывается, что в 1927 г. был опубликован 1-й том V Геофизического сборника (1927, 63 с.), содержащий биографию Фридмана, список его научных трудов, статьи о работах Фридмана В.А. Стеклова, И.В. Мещерского и М.А. Лорис-Меликова, а также одну из статей Фридмана по теории движения сжимаемой жидкости. Статья М.А. Лорис-Меликова была посвящена работам Фридмана в области теории относительности. В заметке в «Природе» автор Л.Б. кратко отмечает основные результаты А.А. Фридмана по развитию теории относительности — открытию нестационарных решений уравнения Эйнштейна, доказательство возможности существования мира с постоянной отрицательной кривизной, и указывает на популярную книгу Фридмана «Мир как пространство и время» (1923, Пгр., изд. «Academia»). В № 12 в разделе «Новости. Физика» была помещена заметка А.Д. (автор скрыт за инициалами) о новых экспериментальных подтверждениях общей теории относительности, полученных американскими и др. учеными, — искривления прямолинейного пути светового луча и смещения спектральных линий к красному концу спектра под действием гравитационного поля, соответствующих в пределах точности теории Эйнштейна [27].

В 1929 г. в «Природе» публикуется статья Н.В. Белова о единой теории Эйнштейна (гравитации и электричества) [28] и рецензии Т.П. Кравца на книгу О.Д. Хвольсона «Физика наших дней» [29] и «Исследования по оптике» А.А. Майкельсона [30].

В первом номере за 1931 г. в журнале «Природа» публиковалась статья В.Г.Фридмана «Принцип эквивалентности Эйнштейна и учение Ньютона о массе и тяготении» [31]. В этом же году в журнале была опубликована статья В. де Ситтера «Раздвигающаяся Вселенная» в переводе Н.В. Белова [32], в разделе «научные новости» были помещены заметка М.Савостьяновой о новом воспроизведении опыта Майкельсона–Морли [33], заметка Н.В. Белова о расширяющейся Вселенной [34], а в разделе «научная хроника» — некролог А.А. Майкельсона, написанный также Н.В. Беловым [35].

Как видим, журнал «Природа» сыграл важную роль в пропаганде теории относительности, поместив превосходный обзор О.Д. Хвольсона и публикуя эпизодически различные актуальные материалы. Однако интересы членов редколлегии, далекие от физики, а также тяжелая ситуация, связанная с гражданской войной в России, когда журнал вообще перестал выпускаться, привели к неравнозначному освещению достижений в области физики и других наук.

### **Обзоры и рецензии научно-популярной литературы по теории относительности**

В 1910–20-е годы было издано несколько десятков научно-популярных книг как отечественных, так и зарубежных ученых, в том числе появилось три разных перевода статьи А. Эйнштейна «О специальной и общей теории относительности», вышедшей в виде отдельных изданий [25, 36–64, 81–84]. В 1921–23 годах было опубликовано несколько обзоров этих книг — А.К. Тимирязева, А.А. Максимова и В.А. Базарова [65–68], а также ряд рецензий разных авторов в журналах [69–79]. Во всех обзорах анализировалась сама статья Эйнштейна, а также дополнительно несколько книг. Обзор и рецензии А.К. Тимирязева охватывали 7 книг, А.А.Максимова — 18, В.А. Базарова — 22 книги и статьи.

Обзору Тимирязева предшествовали его рецензии в журнале «Печать и Революция» на оригинальные немецкие издания [71–75]. Поскольку он был механицистом и против-

ником теории относительности, его воодушевила книга антирелятивиста Ф. Ленарда. В конце рецензии он сделал такой вывод: «Книгу необходимо перевести на русский язык как здоровый противовес к тем неумеренным, почти истерическим восторгам, которые теперь широкой волной заливают почти всю популярную литературу по принципу относительности» [73]. А вот книгу М. Шлика он оценил отрицательно, как пропаганду идеализма: «Конец книги пестрит цитатами из Канта, Юма и Маха. Вообще книга является образцовым примером того, какую опасность представляет теория Эйнштейна, когда она попадает в руки людей, стоящих далеко от производства самой науки, от живой текущей лабораторной работы, от непосредственных опытных исследований. Читателю такая книга принесет гораздо более вреда, чем пользы, изображая новые приобретения науки в заведомо ложном свете. Переводить подобного рода книги не следует» [74]. Отметим, что обе книги были вскоре переведены и изданы на русском языке. (Книга Ленарда была переведена под редакцией А.К. Тимирязева, который написал к ней и примечания, а книга М. Шлика переведена П.С. Юшкевичем и издана в сборнике [64], см. подробнее [80].) В рецензии на книгу О.Д. Хвольсона Тимирязев с сожалением отмечает, что «именно теорию относительности проф. Хвольсон считает абсолютной истиной, об очень многих веских доводах против учения Эйнштейна просто не упоминается, как, например, об опытных исследованиях «тонкой структуры» спектральных линий». Тимирязев в заключение делает такой вывод: «Как изложение фактических успехов науки за пятьдесят лет, книжка проф. О.Д. Хвольсона очень хороша; выводы же автора, его взгляды на современные теории крайне односторонние: он считает все новое уже законченным и как бы не подлежащим дальнейшему развитию. Все это вместе может основательно сбить с толку читателя-неспециалиста» [77]. Тем не менее, Тимирязев, несмотря на свое неприятие теории относительности, рекомендовал перевести и книгу А.Эйнштейна «О специальной и общей теории относительности»: «Во всяком случае, книжку Эйнштейна можно рекомендовать всякому вдумчивому читателю, желающему познакомиться с этим новым учением из первых рук. Хорошо было бы, конечно, дополнить чтение этой книги чтением остроумных

возражений, сделанных Ленардом (*Ленард Ф.* О принципе относительности, эфире и тяготении. — Лейпциг, 1921). Книгу Эйнштейна безусловно необходимо перевести на русский язык» [72]. Эти возражения Ленарда А.К. Тимирязев воспроизвел в обзоре этих же книг, уже изданных к этому времени на русском языке [36, 40, 41, 47, 48].

Обзор А.А. Максимова был опубликован в двух номерах журнала «Под знаменем марксизма», он охватывал 18 книг [25, 36, 39, 42–57]. Максимов признает, что принцип относительности Эйнштейна является «революцией в науке», а Эйнштейн — «глубокий и серьезный мыслитель», но стоящий на «точке зрения идеалистической философии». Из этих книг «нет ни одной, которая бы представляла хоть в какой-нибудь степени пролетарскую идеологию» [67. С. 138]. Книги Морозова, как отмечает Максимов, представляют мысли и теории самого автора, а брошюра Ленарда — чуть ли не единственная на русском языке, «посвященная критике теории относительности и ознакомление с ней нужно особенно рекомендовать» [68. С. 182].

В 1923 г. был опубликован обзор научно-популярной литературы по теории относительности, написанный В.А. Базаровым [68]. В своем достаточно содержательном обзоре В.А. Базаров охватил 22 книги и статьи, изданные на русском языке с 1914 по 1923 гг. — Г. Шмидта, Ш. Нордмана, О.Д. Хвольсона, П.П. Лазарева, Е.С. Лондона, Б. Дюшена, лекция С. Лифшица, М. Борна, статьи М. Лауэ, Э. Гёттингтона, Р.Д. Кормикаэля в сборнике «Новые идеи в математике», три разных перевода книги А. Эйнштейна «О специальной и общей теории относительности», книги Ф. Ленарда, Н.А. Морозова, П.А. Флоренского, А.В. Васильева и Э. Кассирера [36–38, 46–63].

В.А. Базаров прежде всего формулирует задачи популярной литературы: «во-первых, она должна помочь профану разобраться в теоретическом и фактическом фундаменте принципа относительности, показать, что в нем действительно и солидно обосновано; во-вторых, она должна вскрыть внутреннюю связь теории Эйнштейна с той грандиозной перестройкой, которой с разных сторон подвергаются в настоящее время основы естествознания и в результате которой уже вырисовываются архитектурные линии мощной монистической концепции, объединяющей в одно

стройное целое механику, электродинамику и теоретическую химию» [68. С. 325].

С точки зрения сформулированных им задач популярной литературы В.А. Базаров разделил ее на четыре части: 1) работы, которые по тем или другим причинам вовсе не достигают той цели, ради которой они написаны; 2) работы, в которых изложена сущность теории относительности; 3) работы, в которых критикуется теория относительности; 4) работы, посвященные философскому анализу принципа относительности.

По мнению Базарова, совершенно неудачными попытками популяризации являются лекция проф. С. Лифшица, книги Б. Дюшена и Е.С. Лондона. В лекции С. Лифшица Базаров указал на правильный вывод им преобразования длины, но обнаружил ошибку в выводе Лифшицем формулы преобразования времени, из которой следует убыстрение хода времени в движущейся системе (т.е. противоположный вывод, чем в СТО), а также непонимание автором эквивалентности систем отсчета и ошибочный вывод о нарушении причинности явлений. Книга Дюшена относится к «беллетристической» литературе, для которой характерна «внешне изящная, но поверхностная трактовка предмета», в книге «связь между Эйнштейном и другими реформаторами современной физики нигде не устанавливается сколько-нибудь отчетливо, и в гиперболических характеристиках автора гениальный германский ученый вырастает в сверхчеловеческое существо, одаренное божественным всемогуществом» [Там же. С. 326]. В книге Е.Лондона, как указывает Базаров, ни один опыт не описан правильно, «все формулировки словно нарочно подобраны так, чтобы затемнить понятия читателя», а комментарии автора «вообще не поддаются никакой характеристике». Надо сказать, что Е.С. Лондон был профессором Института экспериментальной медицины и его книга была нацелена на то, чтобы дать какое-то представление о теории относительности медицинским работникам. Отметим, что в 1923 г. Е.С.Лондон переиздал свою книгу, оставив без изменения основной текст, но сделав многочисленные пояснения.

К «доброкачественной» литературе по теории относительности В.А. Базаров относит книги Ш. Нордмана, Г. Шмидта и О.Д. Хвольсона. «Все эти три работы являются не только

бесспорно компетентной, но и талантливой популяризацией, и притом талантливой в двух отношениях: и в смысле увлекательности изложения, и по существу — в смысле умения выбрать из обширного материала науки самое существенное для данной цели и осветить это немногое существенное так, чтобы необходимое упрощение понятий не приводило к их искажению» [Там же. С. 329]. Хорошим дополнением к книге Хвольсона, по мнению Базарова, служит книга П.П. Лазарева, вместе с которой опубликованы переводы лекции А. Пуанкаре и статьи М.Планка. «Все перечисленные работы излагают теорию Эйнштейна, не прибегая к математическим доказательствам, хотя бы и самым элементарным», — отмечает Базаров. Однако «место теории относительности в *системе* современного естествознания остается недостаточно выясненным». Это, как считает Базаров, восполняется книгой М. Борна. Для выяснения «логической и теоретико-познавательной стороны принципа относительности» Базаров рекомендует помимо книги Борна статьи Гёттингтона, Р.Д. Кармикаэля и М. Лауэ из сборника «Новые идеи в математике» № 5.

Базаров также сравнивает и три перевода известной работы А.Эйнштейна «О специальной и общей теории относительности», опубликованные в 1922 г. разными издательствами: 1) под ред. Н.А. Морозова и Б.С. Бычковского; 2) под ред. проф. С.Я. Лифшица; 3) под ред. А.П. Афанасьева. На взгляд Базарова «первые два перевода ближе к подстрочнику, а последний (под ред. А.П. Афанасьева) более литературен». Отметим, что этот перевод был сделан С.И. Вавиловым.

Среди антирелятивистской литературы Базаров выделяет книги Ф. Ленарда, который «в качестве физика» принимает следствия ТО, а «в качестве философа он — *принципиальный* противник принципа относительности». Также дискуссии Эйнштейна с французскими антирелятивистами, как отмечает Базаров, были отражены в книге Ш. Нордмана «Эйнштейн в Париже». К антирелятивистской литературе Базаров относит и две книги «талантливого автора» Н.А. Морозова. «К теории Эйнштейна все это имеет довольно отдаленное отношение», — отмечает Базаров.

В конце своего обзора Базаров анализирует книги, в которых рассматриваются философские интерпретации теории

относительности. В книге А.В. Васильева автор подробно останавливается как на философских предшественниках «релятивизма», так и дает «очень содержательные очерки геометрий Римана, Лобачевского, четырехмерного мира Минковского, в связи с основными положениями эйнштейновской теории». «Общий вывод проф. Васильева сводится к тому, что эйнштейновский принцип относительности органически связан с философским «релятивистическим эмпиризмом» в духе Маха», — отмечает Базаров.

«Блестяще написанная» книга Э. Кассирера «Теория относительности Эйнштейна» (Базаров читал ее в оригинале, а русский перевод характеризует как «неуклюжий») направлена, как отмечает Базаров, чтобы показать, что «разрушение идей абсолютного пространства и времени не только не противоречит философии Канта, а, напротив, служит к вящему ее торжеству». На самом деле, как считает Базаров, Кассирер вкладывает в слова Канта современное содержание (ныне это называется презентизмом), а «исторический Кант несомненно состоял в тесном идейном родстве с абсолютизмом Ньютона и Эйлера».

Относительно брошюры П. Флоренского «Мнимости в геометрии» В.А. Базаров указывает на ошибки автора в применении формул теории относительности и избыток вносимых автором «метафизических трудностей», но одновременно отмечает «чрезвычайно своеобразное философское освещение эйнштейновской теории». Базаров выразил надежду, «что к следующему изданию талантливый автор исправит многочисленные дефекты своего построения и придаст ему теоретически безупречную форму».

В заключение Базаров дал классификацию трех «неприемлемых позиций» с точки зрения воззрений на научную истину на примере отношения ученых к картинам мира Коперника и Птолемея: 1) «Коперник и Птоломей дают логически равноправное, но научно далеко не равноценное истолкование одного и того же реального факта, — точка зрения А. Эйнштейна и его сторонников; 2) на стороне Коперника реальная физическая истина; построение Птолемея фактически ошибочно, а потому его математическое истолкование есть «логически недопустимый эксперимент, — точка зрения Ленар[д]а, Морозова и мн. других; 3) концепция Птолемея есть абсолютная истина; теория

Коперника есть логически соблазнительный, но метафизически недопустимый эксперимент, — позиция Флоренско-го». Базаров отмечает, что между сторонниками этих позиций «не может быть *разумного* спора, а возможны лишь аргументы внелогического порядка» [68. С. 343].

В дополнение содержательного обзора В.А. Базарова укажем рецензии на книги из журнала «Печать и Революция», выходявшего в Москве с 1921 по 1930 гг. [69–79]. В этих рецензиях проявились и личные воззрения авторов на теорию относительности.

С.И. Вавилов в рецензии на книгу А.Гааза оспаривает его мнение о простоте новой физики: «Едва ли это так, — о единой картине вообще говорить еще преждевременно. Слишком много осталось неразрешенных противоречий почти во всех областях физики; новая физика пока сложное и непримиренное нагромождение уцелевших «классических» принципов, эмпирических постулатов теории квантов и утверждений теории относительности, претендующих на всеобщность, практически же еще очень ограниченных. С другой стороны, новая картина мира и не проста, она значительно запутаннее старой классической картины» [76].

Я.Н. Шпильрейн выделяет книгу Фрейндлиха как с содержательной стороны хорошего популярного изложения основных представлений общей теории относительности, так и качество перевода Г.С. Ландсберга: «Перевод выполнен внимательно и хорошим языком. Это обстоятельство, равно как и аккуратное издание, выгодно выделяет разбираемую книгу из числа русских изданий по теории относительности». Шпильрейн также отмечает спад «моды» на теорию относительности в обществе: «Волна интереса к теории относительности в широких кругах значительно спадает. Еще в прошлом году можно было встретить статьи о теории относительности в самых разнообразных журналах; доклады и диспуты о теории относительности привлекали громадное количество слушателей, причем рассуждения о теории относительности напоминали споры начетчиков: в качестве аргументов цитировались фразы из книг Борна, Фрейндлиха, Бауэра, реже Лауэ и еще реже Вейля и самого Эйнштейна. Часто при этом цитированные мысли искажались, и потому у нас было сказано и написано не мало вздора по поводу теории относительности. Объясняется это увлеченье, по-видимому, открывшейся воз-



возможностью порассуждать о новой материи, достаточно непонятной, чтобы казаться интересной. Ибо в нашем рабочем государстве, как и до революции, точное мышление не пользуется пока большим распространением, и нередко можно встретить весьма образованных по части словесности людей, поражающих своим невежеством в области наук физико-математических. Однако из такого философического рассмотрения физических проблем редко выходит что-либо путное» [78].

Н.Н. Андреев в рецензии на книгу Н.А. Морозова характеризует и всеобщее значение теории относительности: «Однако принцип относительности ставит и разрешает вопросы, близкие не одним только физикам. С одной стороны, — это физическая теория, с другой, — критическая оценка основных элементов нашего познания и, наконец, это — венец, завершение стройного здания строго физического мировоззрения, развивавшегося в течение всего XIX века, с его отказом от абсолютного с его релятивированием нашего опыта, с его непреклонным стремлением к монистическому познанию мира. Отсюда вытекает значение идей А. Э[й]нштейна для всякого, кто интересуется развитием научной мысли и вопросами познания вообще, и легко понятным становится то внимание, которое все более и более привлекает к себе теория относительности за границей. Она там уже далеко шагнула за порог лабораторий и кабинетов. Сотни книг и тысячи статей в различных научных, философских и общих журналах написаны для разъяснения и популяризации принципа относительности, еще больше в опровержение и защиту его, и можно сказать, что в наше время А. Э[й]нштейн является едва ли не самым популярным человеком в интеллигентных кругах Западной Европы. К сожалению, у нас знакомство с этим поистине революционным учением ограничивается пока весьма узким кругом лиц, занимающихся физикой, математикой или философией, и даже среди ученого мира многие знакомы с ним лишь понаслышке. Это несомненно ненормально. Принцип относительности имеет колоссальное значение для эволюции нашего мышления» [70]. Книгу Морозова Андреев оценивает критически. На его взгляд такого рода книги, нацеленные спасти классические физику и механику, «к сожалению, роковым образом постигает одна и та же участь: играть роль воды на мельнице теории относительности».

В заключение упомянем три книги, которые были опубликованы в 1920-е годы позже указанных обзоров. Прежде всего это книга А.А. Фридмана «Мир как пространство и время» [81]. Интересно, что он в предисловии охарактеризовал принцип относительности как «совершенно не поддающийся популяризации», поскольку «эта популяризация достигается или ценой полного затемнения идей, лежащих в основе принципа относительности, или же, что, пожалуй, еще хуже, ценой извращения этих идей» [82. С. 245]. Фридман опирается целиком на математическое изложение общей теории относительности и космологии, основанной на этой теории. Он также отказался приводить и дополнительную литературу, поскольку «популярная литература ничего не разъясняет» [Там же. С. 247]. Еще две книги — С.Ю. Семковского и Б.М. Гессена — содержали популярное изложение теории относительности и были направлены на обоснование, что эта теория соответствует диалектическому материализму [83, 84].

Таким образом, популяризация теории относительности развивалась по нескольким направлениям — более или менее удачные попытки популяризации теории относительности (А. Эйнштейн, О.Д. Хвольсон и др.), популяризация в сочетании с различными философскими направлениями (М. Шлик, Э. Кассирер и др., при этом русская религиозная философия почти полностью проигнорировала теорию относительности), популяризация с целью идеологической адаптации теории относительности в СССР (Б.М. Гессен, С.Ю. Семковский), попытки на популярном уровне выдвигать контраргументы против теории относительности (Ф. Ленард, А.К. Тимирязев) и принципиальное отрицание возможности её популяризации в сочетании с её изложением чисто дедуктивно-математическим методом (А.А. Фридман).

## Литература

1. *Визгин В.П., Горелик Г.Е.* Восприятие теории относительности в России и СССР // Эйнштейновский сборник 1984–85. — М.: Наука, 1988. С. 7–70.
2. *Андреев А.Ф.* Журналу «Природа» — 100 лет // УФН. 2012, № 1. С. 105–110.
3. *Боргман И.И.* Последние успехи в физике // Природа. 1912 (1). С. 23–35.

4. *Писаржевский Л.* Второй Менделеевский съезд по Общей и прикладной химии и физики // *Природа*. 1912 (1). С. 121–124.
5. *Лазарев П.П.* Рец. на кн.: Минковский Г. Пространство и время. — СПб.: Physice, 1911. 93 с. // *Природа*. 1912. С. 293.
6. [Без автора] Рец. на кн.: Лодж О. Мировой эфир / Перевод под ред. прив.-доц. Хмырова. — Одесса: Изд-во «Матезис», 1911. 216 с. // *Природа*. 1912 (июль-август). С. 1010.
7. *Л.П[исаржевский]*. Рец. на кн.: Кон Э., Пуанкаре А. Пространство и время с точки зрения физики / Пер. под ред. «Вестника опытной физики». — Одесса: Изд-во «Матезис», 1911. 81 с. // *Природа*. 1912 (июль-август). С. 1011–1012.
8. *Бельский П.* Рец. на кн.: Успехи физики. Сб. Статей о важнейших открытиях последних лет / Под ред. «Вестника опытной физики». — Одесса: Изд-во «Матезис», 1911. 203 с. // *Природа*. 1912 (сентябрь). С. 1144.
9. *Хвольсон О.Д.* Принцип относительности // *Природа*. 1912 (ноябрь). С. 1275–1315.
10. *Хвольсон О.Д.* Принцип относительности // *ЖРФХО*. Ч. физ. 1912. Т. 44, вып. 10Б. С. 377; 1913. Т. 45, вып. 1А. С. 42.
11. *Вавилов С.И.* Дневники. Т.1. — М.: Наука (в печати).
12. *Визгин В.П., Томилин К.А.* С.И.Вавилов и теория относительности // Годичная научная конференция ИИЕТ РАН, 2009. — М.: 2009. С. 258–261.
13. *Умов Н.А.* Физические науки в служении человечеству // *Природа*. 1913 (февраль). С. 150–159.
14. *Соколов Ф.* Рец. на кн.: Майкельсон А.А. Световые волны и их применения // *Природа*. 1913 (февраль). С. 264–265.
15. *Хвольсон О.Д.* О числе мировых агентов // *Природа*. 1913 (октябрь). С. 1141–1152.
16. *Хвольсон О.Д.* Н.А.Умов (некролог) // *Природа*. 1915. С. 153–154.
17. *Бачинский А.И.* Николай Алексеевич Умов // *Природа*. 1915. С. 285–306.
18. *Лазарев П.П.* Волны и их роль в природе // *Природа*. 1916. № 5/6. С. 531–558.
19. *Лазарев П.П.* Электромагнитная теория света // *Природа*. 1916. № 11. С. 1235–1252.
20. *Зелигман Г.* О ритме в природе // *Природа*. 1921. № 7–9. С. 9–18.
21. *Блох М.А.* Среди иностранных книг // *Природа*. 1921. № 9–12. С. 84–87.
22. *Блох М.* Конкурс на наиболее понятное изложение принципа относительности // *Природа*. 1922. № 8–9. С. 116–117.
23. *Блох М.* Разговоры с Эйнштейном // *Природа*. 1922. № 8–9. С. 127–128.
24. *Блох М.* Размеры и величина мира по Эйнштейну // *Природа*. 1922. № 10–12. С. 69–71.
25. *Мошковский А.* Альберт Эйнштейн. Беседы с Эйнштейном о теории относительности и общей системе мира / Пер. с нем. Румер. — М.: Работник просвещения, 1922. 209 с.
26. *Л.Б.* Памяти Фридмана // *Природа*. 1928. № 9. С. 839.
27. *А.Д.* Новые подтверждения теории относительности // *Природа*. 1928. № 12. С. 1071–1073.

28. Белов Н.В. О новой теории Эйнштейна // Природа. 1929. № 3. С. 201–210.
29. Кравец Т. Рец. на кн.: Хвольсон О.Д. Физика наших дней. Новые понятия о современной физике в общедоступном изложении. — Госиздат, 1928. 344 с. // Природа. 1929. № 2. С. 186–187.
30. Кравец Т. Рец. на кн.: Майкельсон А.А. Исследования по оптике // Природа. 1929. № 5. С. 473.
31. Фридман В.Г. Принцип эквивалентности Эйнштейна и учение Ньютона о массе и тяготении // Природа. 1931. С. 3.
32. де Ситтер В. Раздвигающаяся Вселенная / Пер. Н.Белова // Природа. 1931. № 5. С. 423–436.
33. Савостьянова М. Новое воспроизведение опыта Майкельсона–Морли // Природа. 1931. № 8. С. 797.
34. Белов Н.В. Раздвигающаяся Вселенная // Природа. 1931. № 9. С. 903.
35. Белов Н. А.А.Майкельсон (1852–1931) // Природа. 1931. № 9. С. 928.
36. Эйнштейн А. О специальной и общей теории относительности. (Общедоступное изложение). Имеется три перевода: 1) под ред. проф. С.Я. Лифшица. — М.: Госиздат, 1922; 2) под ред. Н.А. Морозова и Б.С. Бычковского. — П.: Госиздат, 1922 и 3) пер. С.И.Вавилова под ред. А.П. Афанасьева. 3 изд. — П.: Научное книгоизд-во, 1923.
37. Эйнштейн А. Диалог о возражениях против теории относительности. — См. приложение III к переводу популярной работы Эйнштейна под ред. А.П. Афанасьева.
38. Эйнштейн А. Эфир и принцип относительности / Пер. А.П. Афанасьева. — Пгр.: Научное книгоизд-во, 1921. 27 с.
39. Эйнштейн А. Геометрия и опыт. — П.: Научное книгоизд-во, 1922. 28 с.
40. Шлик М. Пространство и время в современной физике. — Берлин: Шпрингер, 1920 (3-е издание). 65 с. Рус. пер. в [64].
41. Леммель Р. Пути, ведущие к теории относительности. — Штутгарт: Космос, 1921. 76 с.
42. Ферсман А. Время. — П.: Время, 1922. 71 с.
43. Ферсман А. Пути к науке будущего. — П.: Научное химико-техн. изд-во, 1922. 51 с.
44. Ауэрбах Ф. Пространство и время. Материя и энергия / Пер. с нем., с дополнениями С.И.Вавилова. — М.: Госиздат. 158 с.
45. Леман И. Теория относительности / Пер. Румера. — М.: Работник просвещения, 1922. 48 с.
46. Ленар[д] Ф. О принципе относительности, эфире и тяготении (критика теории относительности) / Пер. с 3-го нем. изд. под ред. проф. А.К.Тимириязева. — М.: Госиздат, 1922. 57 с.
47. Лазарев П. Физические основания принципа относительности. — М.: Северные дни, 1922. 85 с.
48. Лифшиц С. Принцип относительности А. Эйнштейна (Лекция, прочитанная на объединенном заседании всех научных студенческих кружков Московского университета). — М.: Изд-во «Печатник», 1922. 36 с.
49. Дюшен Б. Теория относительности Эйнштейна. — Всеукр. гос. изд-во, 1922. 68 с.

50. *Борн М.* Теория относительности Эйнштейна и ее физические основы / Пер. с нем. под ред. А.П. Кудрявцева. — П.: Наука и школа, 1922. 222 с.
51. *Хвольсон О.Д.* Теория относительности Эйнштейна и новое миропонимание. — П.: Изд. М. и С. Сабашниковых, 1922. 128 с.
52. *Морозов Н.* Принцип относительности в природе и математике. — П.: Издание Культурно-просвет. коопер. т-ва «Начатки знаний», 1922. 40 с.
53. *Морозов Н.* Принцип относительности и абсолютное. Этюд из области проявлений волнообразного движения. — П.: Госиздат, 1920. 88 с.
54. *Лондон Е.* Принцип относительности. — П.: Научное химико-техн. изд-во, 1922. 61 с.
55. *Шмидт Г.* Теория относительности и наше представление о Вселенной. — М.: Гос. техн. изд-во, 1922. 160 с.
56. *Нордман Ш.* Эйнштейн в Париже (Изложение теории и дискуссии) / Пер. и биогр. заметки Ф. Ге. — М.: 1922. 32 с.
57. *Нордман Ш.* Эйнштейн и Вселенная. (Из серии научных романов). — Москва-Петроград, 1923.
58. *Лауэ М.* Принцип относительности // Новые идеи в математике. Сборник № 5. 1914 г.
59. *Гёттингтон Э.* Новое приближение к теории относительности // Там же.
60. *Кормикаэль Р. Д.* О теории относительности: анализ ее постулатов // Там же.
61. *Флоренский П.* Мнимости в геометрии. — М.: Поморье, 1922.
62. *Васильев А. В.* Пространство, время, движение. Исторические основы теории относительности. — М.: Образование, 1923. 135 с.
63. *Кассирер Э.* Теория относительности Эйнштейна / Пер. с нем. Е.С. Берловича, И.Я. Колубовского. — П.: Наука и школа, 1922.
64. Теория относительности Эйнштейна и ее философское истолкование. — М.: Мир, 1923.
65. *Тимирязев А.К.* Обзор популярной литературы по принципу относительности // Красная новь. 1921. № 4. С. 285–289.
66. *Максимов А.А.* Популярно-научная литература о принципе относительности // Под знаменем марксизма. 1922. № 7–8. С. 170–182.
67. *Максимов А.А.* Еще о популярно-научной литературе о принципе относительности // Там же. 1922. № 11–12. С. 123–141.
68. *Базаров В.А.* Обзор научно-популярной литературы по теории относительности // Вестник Социалистической Академии. 1923. Кн. 3. С. 322–343.
69. *Коновалов С.* Рец. на кн.: Морозов Н. Принцип относительности и абсолютное. Этюд из области проявлений волнообразного движения. — П.: Госиздат, 1920 // Печать и Революция. 1921. Кн.1. С. 136–139.
70. *Андреев Н.Н.* Рец. на кн.: Эйхенвальд А.А. Акустика и оптика. (Конспект, лекций). 3-е издание. — М.: Госиздат, 1921 // Печать и Революция. 1921.
71. *Тимирязев А.К.* Рец. на кн.: Lämmel P. Die Grundlage der Relativitätstheorie Populärwissenschaftlich dargestellt. — Berlin: Springer, 1921 (Леммель Р. Популярное изложение принципа отно-

- сительности) // Печать и Революция. 1921. Кн.2. С. 177–178.
72. *Тимирязев А.К.* Рец. на кн.: Einstein A. Ueber die Spezielle und die Allgemeine Relativitätstheorie (gemeinverständlich). — Zwölfte Auflage (51–55 Tausend) Vieweg. 1913. (Эйнштейн А. Специальная и всеобщая теория относительности (общедоступное изложение). 12-е изд.) // Печать и Революция. 1921. Кн. 3. С. 242.
73. *Тимирязев А.К.* Рец. на кн.: Lenard P. Ueber Relativitätsprinzip, Aether, Gravitation. Dritte Auflage. — Leipzig: Hirzel, 44. 1921 (Ленар Ф. О принципе относительности, эфире и тяготении. 3-е изд. — Лейпциг: Гирцель, 1921) // Печать и Революция. 1921. Кн. 3. С. 242–243.
74. *Тимирязев А.К.* Рец. на кн.: Schlick M. Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik. Dritte Auflage. — Berlin: Springer, 1920. 89 s. (Шлик М. Пространство и время в современной физике. 3-е изд. — Берлин: Шпрингер, 1920. 89 с.) // Печать и Революция. 1921. Кн. 3. С. 243.
75. *Тимирязев А.К.* Рец. на кн.: Лазарев П.П. Физические основания принципа относительности. — М.: Северные дни, 1922. 84 с. // Печать и Революция. 1922. Кн. 7. С. 267–269.
76. *Вавилов С.И.* Рец. на кн.: Гааз А. Физическая картина мира по данным новой физики / Пер. Я.И. Рамм, под ред. проф. Н.Н. Андреева. — М.-Л.: Изд-во Л. Д. Френкель, 1924. 108 с. // Печать и Революция. 1924. Кн. 4. С. 238.
77. *Тимирязев А.К.* Рец. на кн.: Хвольсон О.Д. Характеристика развития физики за последние 50 лет. — Л.: Госиздат, 1924. 218 с. // Там же. Кн.5. С. 253–256.
78. *Шпильрейн Я.* Рец. на кн.: Фрейндлих Э. Основы теории тяготения Эйнштейна. С предисловием А. Эйнштейна и с добавлением статьи В. Вина «Принцип относительности с точки зрения физики и теории познания» (Современные проблемы естествознания) / Пер. Г.С. Ландсберга, под ред. В. К. Фредерикса. — Л.: Госиздат, 1923–24. 99 с. // Там же. Кн. 5. С. 257–258.
79. *Тимирязев А.К.* Рец. на кн.: Проф. Р. Мизес. Основные идеи современной физики и новое миросозерцание / Пер. под ред. Я.И. Френкеля. — Петроград: Книгоизд-во «Сеятель» Е.В. Высоцкого, 1924. 61 с. // Там же. Кн. 6. С. 204–206.
80. *Визгин В.П.* Русские позитивисты о теории относительности и ее философском истолковании (1910–1920-е гг.) // Вопросы философии. 2011, № 12. С. 93–105.
81. *Фридман А.А.* Мир как пространство и время. — Пг., 1923. 130 с.
82. *Фридман А.А.* Избранные труды / Под ред. Л.С. Полака. — М.: Наука, 1966. 467 с.
83. *Семковский С.Ю.* Диалектический материализм и принцип относительности. — М.-Л.: Госиздат, 1926. 216 с.
84. *Гессен Б.М.* Основные идеи теории относительности. — М.-Л.: Московский рабочий, 1928. 176 с.

В.В. ТЁМНЫЙ

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

## **КАК С.И. ВАВИЛОВ МОГ СТАТЬ ПРЕЗИДЕНТОМ АКАДЕМИИ НАУК СССР ПОСЛЕ ОСУЖДЕНИЯ И ГИБЕЛИ В ТЮРЬМЕ РОДНОГО БРАТА? (Версия)**

В творческой биографии академика Сергея Ивановича Вавилова существует двухлетний пробел периода военных лет — 1943–1945 гг. Известно, что семью Вавиловых постигло несчастье. В 1940 г. был арестован по печально известной 58-й статье родной брат Сергея Ивановича академик Николай Иванович Вавилов, всемирно известный генетик. Обычные в те времена репрессии родственников не коснулись Сергея Ивановича. По-видимому, это можно объяснить его высоким научным авторитетом в среде физиков, не пересекавшейся с сообществом биологов. Известно, какие репрессии обрушились на научную школу Николая Ивановича после его ареста.

1941-й год, начало войны, окружение и начало блокады Ленинграда. В Йошкар-Олу эвакуирован из Ленинграда Государственный оптический институт (ГОИ), имеющий важное оборонное значение. Сергею Ивановичу поручено развернуть работу ГОИ на новом месте. Этой работой он был занят до 1944 г. Кроме того, на нём лежал груз ответственности за работу и судьбы оставшихся в Москве сотрудников Физического института, который в своих дневниках он обозначил как «несчастный ФИАН в Харитоньевском переулке». В эти тяжёлые для страны и для себя лично годы он нашёл силы написать блестящую биографию Исаака Ньютона. Тем не менее, беспокойство за неизвестную судьбу брата, да и за свою тоже, вряд ли способствовало его плодотворной работе. Поэтому можно считать неожиданным его назначение 23.06.1943 г. уполномоченным науки Государственного комитета обороны (ГКО) по развитию и коорди-

нации научной работы в области инфракрасной техники, а после окончания войны избрание 17.07.1945 г. президентом Академии наук СССР [1]. Рассмотреть версию такого крутого поворота в жизни Сергея Ивановича дают возможность мемуары и скупые устные рассказы 60-х годов моего научного руководителя (1963–1966 гг.) профессора Валерьяна Ивановича Красовского, заведующего отделом физики верхней атмосферы Института физики атмосферы АН СССР. Публикация об этом переломном периоде жизни С.И. Вавилова представляется уместной ещё и потому, что до сих пор периодически у некоторых историков науки возникают вопросы о том, как он мог дать согласие на руководство Академией, членом которой был Т.Д. Лысенко — непосредственный виновник ареста и гибели его брата. Надеюсь, что воспоминания В.И. Красовского, а также его выступление в ИИЕТ в 1992 г. на семинаре, посвященном 100-летию С.И. Вавилова, помогут понять неизбежность такого поворота судьбы Сергея Ивановича.

Производственные пути академика Вавилова и талантливого 27-летнего экспериментатора-самоучки Валерьяна Красовского, человека с необычно сложной судьбой, пересеклись в Ленинграде в 1935 г.<sup>1</sup> Полученные Красовским навыки экспериментатора дали ему возможность в 1934 г. самостоятельно создать первый электронно-оптический преобразователь (ЭОП) к прибору ночного видения. Его ЭОП превосходил по качеству разрабатываемые всеми другими научно-техническими группами Ленинграда и Москвы, в том числе и группы академика Вавилова. Сергей Иванович заинтересовался работами Красовского и им самим, отметив его природный талант экспериментатора. Поэтому он стал постоянно помогать ему во многих разработках, в том числе и при создании уникальной оптической аппаратуры инфракрасного (ИК) диапазона спектра. В 1938–1940 гг. на заводе «Светлана» лаборатория Красовского налаживает выпуск ЭОПов. С помощью академика Вавилова Красовский подключает ГОИ к производству оптики для приборов ночного видения. Дальше научно-производственные пути академика С.И. Вавилова и со-

---

<sup>1</sup> Творческую биографию этого уникального физика-экспериментатора мы, его ученики, подготовили к печати [2]. Краткие выдержки из неё приведены в [3].



♀ Подробно обо всем рассказано в книге, посвященной 100-летию со дня рождения С.И. Вавилова, изданной в 1994 г. И.И. Френка.

К столетию со дня рождения С.И. Вавилова.

<sup>Этот материал подготовлен и написан</sup>  
Здесь уже много рассказано о разнообразной организационной и научной деятельности С.И. и ей дана высокая оценка. Поэтому могу по-видимому ограничиться только некоторыми малоизвестными результатами деятельности <sup>в области оптики</sup> более полувека назад. Я был знаком с С.И. с 1934 г. и до его кончины. Это <sup>личное</sup> знакомство связано с разработкой и применением электронно-оптических преобразователей, сокращенно называемых ЭОП. В начале как научный руководитель ГОИ, затем как Уполномоченный Государственного Комитета Оборона по делам видения в темноте и наконец, <sup>устойчивой деятельности в этой области</sup> после эвакуации как Президент АН СССР, С.И. оказал их внедрению исключительно большое содействие. <sup>Он был членом Президиума АН СССР, с кем сотрудничал и в работе.</sup>

Я познакомился с С.И. <sup>еще в Ленинграде во время демонстрации с помощью ЭОП видения в темноте.</sup> Хотя С.И. и сам занимался этой проблемой с помощью флуоресцирующих экранов, возбужденных ультрафиолетом, он, тем не менее, оказал такому начинанию исключительно большую помощь в очень многих направлениях. ЭОП нельзя было успешно реализовать без светосильной оптики, флуоресцирующих веществ, светофильтров, инфракрасных осветителей и портативных источников высоковольтного питания с напряжением в несколько десятков киловольт. <sup>Первые приборы были чисто лабораторными, светосильными, поэтому их можно было использовать только в ГОИ, где работала С.И. и персонал.</sup>

При помощи С.И. к началу Великой Отечественной Войны уже были рассчитаны и изготовлены в ГОИ первые образцы оптики для этих целей. Это обеспечило их серийное производство в самом начале Войны. С.И. всегда принимал активное участие в многочисленных испытаниях приборов в реальных условиях и затем исключительно активно заботился об их дальнейшем внедрении. Области <sup>их практического</sup> применения были разнообразными.

После эвакуации из Ленинграда уже в Москве на мой доло выпала обязанность разработки и изготовления портативных очков с ЭОП для видения в темноте. Они предназначались для саперов при разминировании

Факсимиле первой страницы текста выступления В.И. Красовского в ИИЕТ РАН на конференции «К столетию со дня рождения С.И. Вавилова» (Полный текст выступления с авторскими пометками В.И.К. хранится у Тёмного В.В.)

здателя первого отечественного ЭОПа расходятся. Они пересекутся только в 1943 г.

Война застала лабораторию В.И. Красовского в Ленинграде. Правительственным решением она была эвакуирована с оборудованием самолётом из осаждённого города в Казань. Попытки наладить производство армейских приборов ночного видения в Казани и в Новосибирске, куда последовательно перемещались сотрудники и оборудование лаборатории Красовского, оказались неудачными. В начале марта 1942 г. Г.М. Маленков образовал инициативную группу по восстановлению разработок этих приборов в Москве. В состав этой группы вошли: академик В.С. Кулебякин, заместитель директора эвакуированного завода «Светлана» В.А. Бирюков, профессор Всесоюзного электротехнического института (ВЭИ) П.В. Тимофеев (позже член-корреспондент АН СССР) и В.И. Красовский, назначенный заведующим лабораторией ВЭИ. На основе этой группы было создано особое конструкторское бюро (ОКБ), в котором ведущим конструктором и начальником одной из лабораторий был назначен В.И.Красовский, а другой — П.В. Тимофеев. Летом 1942 г. вышло правительственное распоряжение о восстановлении рабочих помещений бывшего ВЭИ на территории московского электролампового завода (МЭЛЗ). Для организации производства ЭОПов на этой территории в Москву из Новосибирска были вызваны все сотрудники лаборатории Красовского завода «Светлана». К осени 1942 г. несколько изготовленных приборов ночного видения испытывались с участием Красовского на Брянском фронте.

К зиме 1942–1943 гг. на МЭЛЗе объединёнными силами двух лабораторий созданного ОКБ был начат массовый выпуск приборов ночного видения. Они помогали ориентироваться при ночных переходах в степи нашим танковым подразделениям при окружении армии фельдмаршала Паулюса во время Сталинградского сражения.

В начале апреля 1943 г. к этим приборам ночного видения проявил интерес председатель Государственного совета обороны И.В. Сталин. Он и распорядился подготовить рабочую встречу с разработчиками этой техники. В.И. Красовского предупредили, что он приглашается на это совещание, запланированное на ближайшее время. Опубликованы документы ГКО военного периода [4] журнала посещений

Сталина. Из них следует, что совещание у Сталина состоялось в ночь на 21 апреля 1943 г. и продолжалось с 00.50 до 02.25 21.04. Всего в нём, кроме Сталина, участвовали 5 человек:

1. Молотов 23.15-02.25
2. Маленков 00.50-01.25
3. Бирюков 00.50-01.25
4. Тимофеев П.В. 00.50-01.25
5. Красовский В.И. 00.50-01.25

Берия 01.40-02.00

Микоян 02.10-02.25

Последние вышли 02.25

Следовательно, в 35-минутном ознакомлении с прибором ночного видения участвовали, кроме Сталина, 5 человек, выделенные в тексте. Возможно, что пришедшие позже Берия и Микоян могли выслушать мнение Сталина о необходимости поддержки этой работы, куратором которой был Г.М. Маленков.

По воспоминаниям Валерьяна Ивановича, эти события развивались так: *«...в середине месяца объявили, что совещание отменено. В конце апреля ночевал дома и никаких посетителей к себе не ожидал. Поэтому, когда в полночь раздался входной звонок, на него не реагировал. Открыли соседи. Но вошедшие затем постучались в мою дверь. Открыл, и ко мне вошли люди в штатском, представившись, что они пришли по поручению Г.М. Маленкова. Быстро собравшись, я с попутчиками вышел к машине, ожидавшей во дворе. Без всяких пропусков я был доставлен в ЦК партии к Г.М. Маленкову, где уже находились заместитель директора ВЭИ В.А. Бирюков и профессор П.В. Тимофеев. Нам было объявлено, что сейчас мы все уезжаем к И.В. Сталину. Г.М. Маленков просил при встрече с И.В. Сталиным не вдаваться в мелочи и со всякими снабженческими делами к нему не обращаться. Мы все разместились в одной машине Маленкова и выехали в Кремль. Кроме перечисленных лиц, в ней находился охранник в гражданской одежде. В Кремль въехали через Спасские ворота без всяких пропусков. Без них вошли и в вестибюль здания, где нас приветствовал старый швейцар с седой бородой. Никакой охраны видно не было. Быстро сами разделись в гардеробе и просле-*

довали в комнату для ожидающих посетителей, где на столе стояли бутылки с газированной водой и лимонадом. Г.М. Маленков сразу же вошёл к Сталину без доклада. Мы же ожидали около получаса. Затем к нам вышел секретарь Сталина А.Н. Поскрёбышев и пригласил нас в кабинет Сталина. При входе в большой, но не роскошный кабинет нам навстречу выходил авиаконструктор А.С. Яковлев. На совещании, проходившем около часа, кроме И.В. Сталина и Г.М. Маленкова, присутствовал ещё и В.М. Молотов. Это совещание носило сугубо деловой характер. Сталин во время совещания всё время оживлённо ходил по кабинету с трубкой в руках» [2. С. 26–28].

Здесь следует прервать мемуарные записи В. И. Красовского для того, чтобы дополнить их по памяти его устными рассказами о том, как проходил этот приём, названный им «деловым совещанием», так как по каким-то причинам он не стал описывать того, что происходило в кабинете Сталина во время 35-минутного ожидания и приёма. Заранее в кабинете был развёрнут прибор ночного видения для демонстрации его работы авторами. Войдя в кабинет, П.В. Тимофеев вкратце изложил принцип его работы, В.И. Красовский включил прибор. По команде Сталина был погашен свет, задёрнуты плотные шторы и к экрану прибора Сталин послал В.М. Молотова. «Меня видишь, Георгия (Маленкова) видишь? Хорошо. Выключайте прибор, включайте свет» [5]. И хотя демонстрация работы прибора прошла успешно, он был ни жив, ни мертв. Дело в том, что в кабинете в военное время было достаточно прохладно и сыро, а на рабочие элементы прибора подавалось напряжение около 20 киловольт. Во время приближения В.М. Молотова к экрану ЭОПа произошёл высоковольтный разряд прямо к его лбу. И хотя это был слабый разряд от токов утечки, но всё же болезненный. Однако, как вспоминал В.И. Красовский, «Вячеслав Михайлович и виду не подал!» [4].

Теперь становится понятной следующая фраза из мемуаров Валерьяна Ивановича, свидетельствующая о том, что во время приёма происходила-таки демонстрация работы прибора. «Сталин предложил нам не увлекаться демонстрациями новых приборов, а больше сосредоточиться на их усовершенствовании. Приветствуя наш энтузиазм,

он сказал, что для успешного развития и внедрения нам необходим авторитетный научный руководитель с крупным именем. Г.М. Маленков сказал, что уже обсуждались кандидатуры академика А.Ф. Иоффе и профессора Л.А. Арцимовича в качестве его помощника, но эти кандидатуры отпали, так как они намечены для других дел. П.В. Тимофеев резко возразил против назначения каких-либо новых руководителей, как и раньше заявив, что справится со всем успешно сам. Я же предложил в качестве руководителя академика С.И. Вавилова и его коллег — академика А.А. Лебедева и члена-корреспондента АН СССР А.И. Тудоровского, с которыми имелось длительное сотрудничество по разработке ЭОП. И.В. Сталин в заключение сказал, что всё это будет обдумано и завершится целесообразным решением» [2. С. 27–28].

Здесь следует сделать ремарку на основе устных рассказов Валерьяна Ивановича, более эмоциональных, чем текст его мемуаров. И хотя последующее будет изложением воспоминаний о рассказе Красовского в моменты доверительных бесед, которые у него возникали нечасто, я всё же выделю курсивом последующий текст, чтобы по возможности сохранить чёткий и образный язык Валерьяна Ивановича. К сожалению, во время этого рассказа я не имел возможности спросить его о том, знал ли он в 1942 г. о судьбе Николая Ивановича Вавилова и, следовательно, о положении самого Сергея Ивановича. Думаю, что он ничего не знал. Иначе он как человек смелый, но достаточно осторожный вряд ли рискнул бы подставить под возможный удар не только С.И. Вавилова, но и себя. Но Красовский был человеком дела и руководствовался всегда только этим принципом, чем нажил себе немало врагов. Возвращаясь к окончанию «совещания» у Сталина, попробую восстановить устный рассказ Красовского.

*«Оставшись довольным результатом демонстрации работы прибора, Сталин сказал: вы, молодые люди, сделали нужное и полезное дело, но вам нужен “дядя”. Подразумевалось, что мы назовём авторитетного руководителя нашей дальнейшей работы по созданию приборов ночного видения для нужд Красной армии. Естественно, такого руководителя, который будет нести полную ответственность за порученную работу в трудное военное время.*

*Когда я назвал кандидатуру С.И. Вавилова как возможного руководителя наших будущих работ, то сразу же почувствовал на себе колющий взгляд жёлтых глаз Сталина. От него у меня мурашки побежали по спине. Он сделал затяжку из трубки, ещё раз взглянул на меня и, обернувшись к Маленкову, произнёс: ми с Георгием подумаем, идите, отдыхайте, к Вам придут! Я отправился в гостиницу “Москва”, где стал ожидать обещанного визита неизвестно кого» [4].*

Дальше по тексту мемуаров Красовского... «Через несколько дней из Йошкар-Олы, где находился эвакуированный из Ленинграда Государственный оптический институт (ГОИ), был вызван С.И. Вавилов. Встретившись со мной, расспросил, о чём говорилось на совещании у И.В. Сталина, и сказал, что мне не стоило бы предлагать его кандидатуру. Тем не менее, через несколько дней депутат Верховного Совета РСФСР академик С.И. Вавилов оказался назначенным специальным уполномоченным Государственного комитета обороны по нашим делам, а академик А.А. Лебедев — его помощником. А.И. Тудоровский нигде не упоминался» [2. С. 28].

Валерьяну Ивановичу был выделен основной рабочий кабинет в здании МЭЛЗ. В нём он осуществлял руководство оптическими оборонными работами до конца войны. [4]

Скупые строки личного дневника С.И. Вавилова [6] свидетельствуют лишь о его участии в разработке и изготовлении армейских приборов ночного видения, не раскрывая этапов этой работы. По-видимому, из-за её секретности он отмечает лишь эмоционально-бытовые эпизоды выполнения этой работы, не упоминая нигде её сути. Из выдержек из них [6], относящихся к руководству работами по массовому производству приборов ночного видения, видны сложные взаимоотношения со своим коллегой академиком А.А. Лебедевым.

## **1943-й год**

### **6 июня.**

Маленков, вызывавший сюда, ещё не принимает. Компаньон А.А. Лебедев нем как рыба, с таким товарищем, как со стулом.

**12 июня.**

Был вчера с Севченко у маршала Ворошилова... в 2 часа ночи. Шли через «тревогу», продолжавшуюся 4 часа.

**17 июня.**

Наконец, принял Молотов. Не сумел отказаться от важных поручений.

**25 июля.** Йошкар-Ола.

С 8 до 6 часов в Институте. Инфракрасные дела, глупые «отеческие» разговоры в лаборатории с Севченко, Свешниковым и прочими.

**1 августа.** Йошкар-Ола. Воскресенье.

Визит С.Г. Суворова из ЦК — три дня.

**15 августа.** Москва.

В Москву приехал 12-го... Сижу часами в Электропроме.

**22 августа.** Йошкар-Ола.

19-го уехал из Москвы с А.А.Лебедевым, молчаливым как камень. Разберись-ка в таком человеке. День в Казани.

**13 сентября.** Понедельник. Москва.

Прошла ещё одна московская неделя... Днём Электропром, ламповый завод, ВЭИ, несчастный ФИАН в Харитоньевском переулке.

**10 октября.** Москва.

... поездки на завод, ВЭИ... Сложный переплет ГОИ, ФИАН, ВЭИ, 2-го Управления, Электропрома.

**28 ноября.** Москва.

После Миусс поездки на 632(-ой) завод, ВЭИ, Электропром.

**1945-й год**

**6 февраля.** Москва.

Сегодня: 1) ФИАН, 2) Ламп(овый) завод, 3) ЦК комсомола (Ломоносовские лекции), 4) НКЭП (Наркомат электротехн. промышл.), И[нститу]т философии... 6) Дом Ученых.

**18 апреля.** Йошкар-Ола.

Приехал вчера. Надо думать — последний рейс в Йошкар-Олу.

Изложенную выше канву событий, связанных с работой С.И. Вавилова в 1943–1945 гг., кратко описывает и

академик И.М. Франк: *«Во время войны Сергей Иванович был уполномоченным Государственного комитета обороны по оптической промышленности. Но и об этом сведений в Архиве Академии наук не имеется. Профессор Валериан Иванович Красовский — специалист по оптике атмосферы — вспоминает, что однажды ночью в апреле 1943 г. его подняли с постели и отвезли сначала к Маленкову, а затем к Сталину. Вопрос, который обсуждался, состоял в том, кому поручить руководство оборонными оптическими исследованиями, которыми он занимался, и он назвал имя Сергея Ивановича. По его воспоминаниям, назначение Сергея Ивановича уполномоченным ГКО произошло вскоре после этого, т.е. во второй половине апреля 1943 г. Вместе с тем в письмах Сергея Ивановича в конце 1942 г., посланных из Москвы в Казань, говорится, что он занят целый день. Несомненно, он выполнял оборонные работы, связанные с ГКО. Так или иначе, но Сергей Иванович оказался вскоре руководителем В.И. Красовского, который очень тепло вспоминает о деятельной помощи С.И. Вавилова не только в его работе, но и ему лично. Дело в том, что он — сын священника, репрессированного и высланного на строительство Беломорканала. С такой анкетой, да ещё без диплома о высшем образовании ему непросто было находиться на секретной работе. Сергей Иванович преодолел здесь все трудности, а затем помог ему с защитой диссертации»* [7. С. 37–38].

Правительственные награды, которыми были награждены и С.И. Вавилов, и разработчики армейских приборов ночного видения во время войны и сразу после её окончания, свидетельствуют о высокой оценке их созидательного труда. С.И. Вавилов был награждён орденом Трудового Красного знамени, двумя орденами Ленина. Он 4 раза был удостоен Сталинской премии. В.И. Красовский оставался заведующим лабораторией Всесоюзного электротехнического института с 1942 по 1946 гг. Он был занят только производством ЭОП для приборов ночного видения: *«...была только работа»* [2. С. 28].

Возвратимся к вопросу о роли Сталина в выдвижении Сергея Ивановича Вавилова на пост президента Академии наук СССР.



В своей статье о С.И. Вавилове И.М. Франк писал: *«...меня занимает вопрос, почему участь Николая Ивановича не постигла Сергея Ивановича, ведь не только родство, но и взаимная любовь и глубочайшее уважение друг к другу братьев Вавиловых были известны не только их друзьям, но, несомненно, и тем, от кого зависела их судьба. Приходится думать, что Сталин решил до поры до времени держать Сергея Ивановича заложником. Теперь мы знаем, что такое поведение вождя было для него довольно обычным, и можно вспомнить немало аналогичных случаев... Сергей Иванович и тогда, и позже был готов к тому, что судьба брата может в любой момент постигнуть и его... Уже будучи президентом АН СССР, он говорил мне: “Каждый раз, когда вызывают в Кремль, не знаю, вернусь ли я оттуда домой или отвезут на Лубянку”»* [7. С. 38].

Можно попытаться представить себе, как могла бы развиваться эта ситуация, не будь в 1943 г. рискованно смело го предложения В.И. Красовского Сталину о возможном назначении С.И. Вавилова руководителем работ по созданию приборов ночного видения для Красной армии. Конечно же, без этого предложения он мог бы попасть в поле зрения Сталина и его окружения только как родной брат осуждённого и погибшего в тюрьме Н.И. Вавилова со всеми вытекающими отсюда последствиями. Недаром В.И. Красовскому на всю жизнь запомнились пронзительный взгляд Сталина и его реплика «ми с Георгием подумаем» после предложения о кандидатуре С.И. Вавилова на роль «дяди». Не исключено, что в промежутках между двумя затяжками трубки в сталинской голове мелькнула мысль: завалит работу — посадим, как и брата! Возможно, что это он потом и обсудил с Маленковым и пришедшими позже Берия и Микояном, как и то, кто придёт потом к Красовскому: «идите, отдохайте, к Вам придут»...

Вот как отражен этот последний непростой зигзаг судьбы С.И. Вавилова 1945 г. в кратких строчках его дневника [6], относящихся к первым послевоенным месяцам:

**1945-й год**

**11 июля.** Москва.

Приехал сюда сегодня по вызову Маленкова.

**14 июля.** Москва.

...был в Кремле у В.М. Молотова и Г.М. Маленкова. Предложено стать академическим президентом вместо В.Л. Комарова. Нечувствительность, развившаяся за последние годы, вероятно, как самозащита, дошла до того, что я не очень удивился этому предложению... А сумею ли я что-нибудь сделать для страны, для людей? Повернуть ход науки? ...Вчера вечером 3 часа в ЦК у Александрова и Суворова. Сам не свой.

Практически единогласное избрание С.И. Вавилова президентом Академии наук СССР состоялось 17 июля 1945 г. Можно продолжить предположения о возможной кандидатуре президента Академии наук в послевоенные годы, не будь этого приёма у Сталина в 1943 г. курируемой Г.М. Маленковым группы разработчиков армейских приборов ночного видения и предложения Красовского о С.И. Вавиллове на роль «дяди». При подборе нового президента Академии наук в первый послевоенный год в поле зрения Сталина могли попасть многие выдающиеся академики. Можно упомянуть А.Ф. Иоффе, П.Л. Капицу, Н.Н. Семёнова, Д.В. Скобельцына, В.Г. Хлопина, Б.А. Введенского, О.Ю. Шмидта, А.А. Лебедева, И.П. Бардина, А.А. Благонравова, А.И. Опарина и других [8]. Однако для управления этим хлопотным хозяйством вполне могла быть назначена («избрана») такая одиозная фигура, как А.Я. Вышинский. Вот уж он наверняка бы разобрался и с идеализмом в физике, и с квантово-механическими теоретиками, и «буржуазной наукой кибернетикой», да попутно и с космогонией. Благо, прикормленных партийных философов с обострённым чувством «флюгер-эффекта» в рядах Академии было предостаточно. Для этого не хватило лишь малого — такой одиозной фигуры в рядах учёных-естественников, как Т.Д. Лысенко у биологов. Найдись такой, разгром и физики, и самой Академии наук был бы гарантирован со всеми вытекающими отсюда последствиями. А что касается создателей ядерного оружия и ракетных средств его доставки к потенциальным целям, то приласканные властью сразу после интеллектуального создания своих творений, они вполне могли пожизненно оказаться в позолоченных клетках приснопамятных бериев-

ских «шарашек». Конечно, они лишились бы права несанкционированного выезда из них и уж, конечно, общения с зарубежными коллегами. Какая судьба ждала бы наши естественные науки, можно только догадываться!

Поэтому с этих позиций роль Сергея Ивановича Вавилова в сохранении и самой Академии наук, и дальнейшего развития отечественной науки представляется поистине выдающейся. Не зря за 5 лет руководства Академией наук он расплатился девятью инфарктами, последний из которых стал для него смертельным. Можно себе представить, какие чувства он испытывал, проводя заседания Академии в присутствии «заклятого ...друга» семьи Вавиловых — Т.Д. Лысенко! По-видимому, Сергей Иванович лучше Красовского в 1943 г. понимал, в какую сложную и опасную ситуацию он попал после предложения Сталину молодого энтузиаста. ёмкая фраза Красовского о реплике Вавилова при их личной встрече после приёма у Сталина говорит о многом. *«Встретившись со мной, расспросил, о чём говорилось на совещании у И.В. Сталина, и сказал, что мне не стоило бы предлагать его кандидатуру»* [2. С. 28]. В ней просматривается не только беспокойство интеллигентного человека за свою дальнейшую судьбу, но и за судьбу молодого человека, совершившего по молодости и незнанию ситуации не совсем обдуманый поступок. Тем не менее, Сергей Иванович, по-видимому, не имел никакой возможности отказаться от порученного дела и со всей ответственностью взялся за его выполнение.

Возвратимся к оценке возможной роли Сталина в назначении на пост президента Академии наук СССР академика С.И. Вавилова. Как ни парадоксально, с сегодняшних позиций то решение представляется вполне позитивным для сохранения этого научного интеллектуального сообщества страны. Широта научных интересов Сергея Ивановича, его поддержка многих новых направлений исследований, которые даже не были близки его научным интересам физика-оптика, сыграли позитивную роль в сохранении преемственности существовавших научных школ и развитии новых направлений исследований. Даже среди представленного выше списка академиков — возможных кандидатов на пост президента Академии наук — не просматривается ныне другой столь же масштабной фигуры на период

1945 г. Требовалось сохранить научный потенциал страны в условиях жёсткого сталинского диктата в области гуманитарных наук и при подавлении генетики воинствующим партакадемиком Лысенко. Одиозный президент Академии наверняка бы погубил всю систему гибкой взаимоподдержки внутри неё. Расплатиться за столь тяжкую ношу С.И.Вавилову пришлось ценой преждевременной кончины. Он оставил после себя научное наследство, которое продолжало развиваться в условиях ещё не столь обюрокраченных научных взаимоотношений до конца 1960-х годов.

## Литература

1. *В.И. Красовский. ВОСПОМИНАНИЯ ОДНОГО МУРАВЬЯ.* Первоначальный стенографический текст. Машинопись В.С. Горячевой — рефенента В.И. Красовского. 80 стр. 1990 г. ?. С рукописными авторскими добавлениями В.И. Красовского. 1990–1993 гг. 2 ксерокопии. Хранятся: 1) на Звенигородской научной базе ИФА РАН у Семёнова А.И. 2) у Тёмного В.В.
2. *Семёнов А.И., Тёмный В.В., Шефов Н.Н.* Валерьян Иванович Красовский. Основатель отечественной научной школы физики верхней атмосферы Земли. *Космическая геофизика. Климатические изменения. Собственное излучение. Динамические процессы* / Ответственный редактор и автор предисловия академик Г.С. Голицын — М.: КРАСАНД, 2013. 224 с.
- 2а. *Тёмный В.В.* Приборы ночного видения в Великой Отечественной войне и после неё: история создания и применение / Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Юбилейная научная конференция, посвящённая 65-летию победы в Великой Отечественной войне. 27–28 апреля 2010 г. Москва, 2010. Подольск, 2011. 240 с.
3. *Тёмный В.В.* Валерьян Иванович Красовский — основоположник отечественной космической геофизики / Институт истории естествознания и техники. Годичная научная конференция. 2009. С.296–299.
4. *Горьков Юрий.* Государственный комитет обороны постановляет (1941–1945). Цифры. Документы. — М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2002. С. 368.
5. *Красовский В.И.* Частное сообщение. — Москва, 1964.
6. *Вавилов С.И.* Дневники, 1909–1951.: в двух книгах. Кн.2: 1920, 1935–1951. — М.: Наука, 2012. (Научное наследство. т. 35, кн. 2). 606 с.
7. *Франк И.М.* Что мы хотим рассказать о Сергее Ивановиче Вавилове / СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ ВАВИЛОВ. Очерки и воспоминания. — М.: Наука, 1991. С. 9–65.
8. *Визгин В.П.* Частное сообщение. — Москва, 2008.

К.Н. МУХИН  
*Национальный исследовательский центр  
«Курчатовский институт»*

**ВОСПОМИНАНИЯ ВЕТЕРАНА  
КУРЧАТОВСКОГО ИНСТИТУТА  
О ДВУХ ПЕРВООЧЕРЕДНЫХ РАБОТАХ  
ПО АТОМНОМУ ПРОЕКТУ СССР<sup>1</sup>**

*Светлой памяти  
Игоря Васильевича Курчатова  
посвящается*

В самом конце 2011 г. исполнилось 65 лет со дня запуска (26.12.1946 г.) первого на континенте Европы и Азии ядерного реактора Ф1 (физический первый), который был сооружен на территории Курчатовского института («КИ») и до сих пор находится в рабочем состоянии.

К этой юбилейной дате из числа сотрудников «КИ», принимавших какое-либо участие в создании реактора, осталось в живых чуть больше десятка «дореакторных» ветеранов-пенсионеров, включая автора этой статьи, который пока еще работает.

Это было уже третье юбилейное поздравление в адрес нашей небольшой группы ветеранов «КИ». Первое состоялось в 2003 г. в связи с 60-летием со дня его основания и

---

<sup>1</sup> «Сборник» с предлагаемой вниманию читателя статьей выйдет в свет в конце 2013 г. А в начале этого года сотрудники Курчатовского института торжественно отмечали две знаменательные даты: 110-летие со дня рождения крупнейшего российского физика — руководителя Атомного проекта СССР Игоря Васильевича Курчатова (12 января) и 70-летие со дня организации Курчатовского института (11 февраля).

В связи с этими двумя памятными датами автор посвящает свою статью светлой памяти знаменитого ученого и патриота России Игоря Васильевича Курчатова.



Академик А. Ю. Румянцев поздравляет ветеранов Курчатовского института с 60-летним юбилеем со дня его основания

проходило особенно торжественно. Нас усадили в первый ряд большого зрительного зала Дома культуры «КИ» и через некоторое время начали поочередно приглашать подняться на сцену, называя при этом по громкой связи должности, звания и другие личные достижения каждого. А на сцене нас не менее торжественно приветствовали два академика: президент «КИ» Е.П. Велихов и министр атомной энергетики А.Ю. Румянцев. На фотографии показан момент выступления А.Ю. Румянцева, который неожиданно для меня упомянул, что в студенческие годы он слушал мои лекции по ядерной физике в МИФИ (на снимке я второй слева от него). Тогда нас было 14 человек.

Второе поздравление состоялось в 2009 г. в честь 60-летия со дня взрыва (29.08.1949 г.) первой отечественной атомной бомбы. На этом поздравлении присутствовали уже не 14, а 13 человек, а на том, с описания которого мы начали статью, — 12. Возможно, что кое-кого из нашей группы поздравят еще раз в 2013 г. в связи с 70-летием со дня основания института (11.02.1943 г.). Но на участие в более поздних юбилеях нам рассчитывать трудно. И совсем скоро некому будет вспоминать, с чего все начиналось 70 лет тому назад. Насколько мне известно, старше меня сотрудников в институте ни одного не осталось, а мне 94 года.

Я поступил на работу в Лабораторию № 2 АН СССР (так тогда назывался будущий Курчатовский институт) в октябре 1944 г., т. е. примерно через полтора года после ее организации и через полгода после освоения нынешней территории. В одной из предыдущих статей [1] я рассказал о своих впечатлениях от Лаборатории в те годы, о ее немногочисленных сотрудниках и директоре — академике И.В. Курчатове. А в настоящей статье хочу рассказать о двух наиважнейших работах по Атомному проекту СССР, свидетелем которых я стал почти с самого их начала, воссоздав недостающие полтора года, а заодно и всю довольно любопытную предысторию организации Лаборатории, опираясь на архивные материалы<sup>2</sup>.

### Введение

В течение 1941–42 гг. в Государственный комитет обороны (ГКО) стала регулярно поступать из разных источников (внутренних и внешних) довольно убедительная информация об активизации на Западе (в том числе в Германии) работ по урановой проблеме. Озабоченное этой тревожной информацией руководство научно-технического совета ГКО (Б.Л. Ванников, С.Ф. Кафтанов, М.Г. Первухин) решило обсудить ее с учеными и осенью 1942 г. вызвало в Москву большую группу физиков для консультации по вопросу о возможности и необходимости развертывания аналогичных работ в Советском Союзе.

При обсуждении этого вопроса мнения разделились, но Совет отдал предпочтение твердому убеждению небольшой

---

<sup>2</sup> Особенно полно архивные данные представлены в монографии Р.В. Кузнецовой [2] (рецензентом которой, кстати говоря, был председатель редколлегии настоящего Сборника д.ф.-м.н. Вл.П. Визгин) и в книгах воспоминаний о И.В. Курчатове [3] и [4]. При написании разд. 1 широко использовалась книга И.Ф. Жежеруна [5], с которой я, по просьбе ее автора, познакомился еще в рукописи. Кроме того, некоторые исторические материалы периодически публикуются в юбилейные дни в Курчатовском институте.

Достоверность воссозданной предыстории организации Лаборатории № 2 и первых полутора лет работы ее сотрудников подтверждается историческими датами, подлинными именами и фотопортретами, а также «перекрестным допросом» разных источников. Необходимый историко-научный материал изложен в достаточно популярной форме и вполне доступен физикам любой узкой специализации.

группы крупнейших ученых того времени академиков: С.И. Вавилова, В.И. Вернадского, А.Ф. Иоффе и П.Л. Капицы, которые настаивали на необходимости немедленно развертывания работ по урану. В результате 22.09.1942 г. вышло в свет постановление ГКО, утвержденное И.В. Сталиным, в соответствии с которым АН СССР было предписано организовать лабораторию атомного ядра и к 01.04.1943 г. представить в ГКО доклад о возможности «создания урановой бомбы или уранового топлива».

И тогда же, осенью 1942 г., комитет по науке ГКО по совету директора ЛФТИ академика А.Ф. Иоффе порекомендовал В.М. Молотову на должность начальника этой лаборатории д.ф.-м.н., профессора И.В. Курчатова, который до войны возглавлял аналогичную лабораторию в ЛФТИ и еще в 1940 г. предлагал Президиуму АН СССР развернутый план работ по урановой проблеме.

Молотову И.В. Курчатов понравился больше всех остальных кандидатов на эту должность, и он сразу же поручил ему работу над докладом для ГКО, в котором должна быть обрисована современная ситуация с урановой проблемой в мире и обоснована необходимость организации аналогичных работ в СССР. Постановлением ГКО от 11.02.1943 г. и распоряжением по АН СССР от 12.04.1943 г. Лаборатория атомного ядра была создана и получила название «Лаборатория № 2 АН СССР». А 10.03.1943 г. ее начальником был назначен И.В. Курчатов.

В самом начале существования Лаборатории № 2 в ее состав входило всего 11 научных сотрудников ЛФТИ, которых приказом А.Ф. Иоффе перевели в Москву из Казани, где они работали после эвакуации из Ленинграда. В Москве они разместились в Институте неорганической химии АН СССР и в плохо приспособленных для научных исследований служебных помещениях Сейсмологического института в Пыжевском переулке. И.В. Курчатов ознакомил их с поставленной перед Лабораторией задачей и попросил всех подумать о том, что и как можно сделать для ее решения, а каждому из них попытаться составить план работ по своему узкому направлению прежней работы в ЛФТИ.

Понимая, что одиннадцати даже очень квалифицированных сотрудников слишком мало, И.В. Курчатову специальным постановлением ГКО было предоставлено право расши-



рить штат Лаборатории до 100 человек, причем он мог отзывать необходимых ему специалистов с любого предприятия, включая военные заводы и даже действующую армию. Но процесс отзыва пошел не сразу и в первое время И.В. Курчатов был рад любому новому сотруднику. Так у него в штате еще в Пыжевском переулке оказался 13-летний «микролаборант» А.К. Кондратьев (Игорь Васильевич называл его в шутку только по отчеству: «Кузьмич»), который в то время стал помогать И.В. Курчатову в измерениях, а в юбилейный 2003-й год в возрасте 73-х лет входил в состав нашей ветеранской группы.

С течением времени процесс отзыва специалистов постепенно начал приносить свои плоды, и к весне 1944 г., когда началось освоение нынешней 100-гектарной территории «КИ», число сотрудников в Лаборатории выросло до 50 человек, а к осени 1944 г. (когда там появился я) их стало около 100. Меня «отозвали» с физфака МГУ, где я совмещал преподавательскую работу с научно-исследовательской деятельностью по заданиям Наркомата обороны (разработка специальной радиоаппаратуры для нужд фронта).

В это время научное ядро старых сотрудников из ЛФТИ во главе с И.В. Курчатовым уже полным ходом занималось формированием программы работ по Атомному проекту СССР. В основу программы легла следующая известная к тому моменту из довоенных экспериментов и теоретических исследований, а также данных, добытых разведкой, информация о процессе деления атомного ядра урана и цепной ядерной реакции:

1. При облучении урана нейтронами его ядра быстро, практически мгновенно делятся на два осколка с освобождением  $\sim 200$  МэВ внутриядерной энергии и испусканием 2–3-х вторичных нейтронов, которые могут вызвать новые акты деления с образованием новых нейтронов и т.д., т.е. в принципе в уране, казалось бы, можно организовать самоподдерживающуюся цепную ядерную реакцию с быстро возрастающим энерговыделением.

2. Уран способен делиться не только под действием нейтронов, но и самопроизвольно (спонтанно), правда, не мгновенно, а с очень большим периодом полураспада  $T_{1/2} \approx 10^{16}$  лет. Но и в этом процессе тоже образуются вторичные нейтроны и высвобождается внутриядерная энергия, т.е. опять

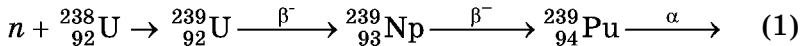
же в принципе имеются все необходимые условия для получения цепного процесса. Однако организовать с помощью спонтанного деления цепную ядерную реакцию в среде, состоящей из одного только естественного урана (любого объема), невозможно.

3. Цепную реакцию деления можно осуществить в среде, состоящей из легкого вещества — замедлителя нейтронов, с размещенными в ней на определенных расстояниях друг от друга блоками естественного урана.

4. Из известных значений эффективных сечений (вероятности) взаимодействия нейтронов с ядрами атомов различных легких веществ следует, что в качестве замедлителя почти наверняка пригодна тяжелая вода и, по-видимому, очень чистый графит, но вряд ли годится обычная вода.

5. Цепную реакцию можно получить и в одном только уране (без замедлителя), если это чистый изотоп урана  $^{235}\text{U}$ , который делится как медленными, так и быстрыми нейтронами, что позволяет надеяться на возможность его использования для создания не только «уранового топлива», но и «урановой бомбы».

6. В случае успешной реализации цепной реакции на естественном уране с замедлителем, в действующем реакторе будет происходить следующая цепочка ядерных процессов:



с образованием трансурановых элементов нептуния и плутония<sup>3</sup>. А исходя из некоторых теоретических соображений, изотоп плутония  $^{239}\text{Pu}$  должен обладать такими же многообещающими свойствами, как и изотоп урана  $^{235}\text{U}$ .

В соответствии с этими шестью пунктами, которые сформировались не одновременно, а постепенно и справедливость которых еще надо было доказывать (вначале, например, тяжелую воду считали непригодной в качестве замедлителя), И.В. Курчатовым была разработана стратегия

<sup>3</sup> В то время их называли эка-рением и эка-осмием или просто 93-м и 94-м элементами.

первоочередных работ по Атомному проекту СССР, заключающаяся вкратце в решении двух главных задач<sup>4</sup>:

1. Получение цепной реакции на «лабораторном» физическом реакторе.

2. Получение первых индикаторных микропорций  $^{239}\text{Pu}$  путем облучения урана нейтронами ( $\text{Ra-}\alpha\text{-Be}$ ) источника и на небольшом циклотроне, а затем весовых количеств при использовании физического реактора (или проектируемого большого циклотрона) с целью разработки технологии выделения плутония из урана, облученного на будущем промышленном реакторе в килограммовых количествах.

Из перечисленных выше способов получения цепной ядерной реакции самыми надежными и привлекательными казались варианты с тяжелой водой и чистым изотопом урана  $^{235}\text{U}$ . Однако реализация обоих этих вариантов требовала двух-трех лет дополнительного времени из-за отсутствия в стране промышленного производства тяжелой воды и чрезвычайной трудности разделения двух близких по массовому числу ( $\Delta A = 3$ ) изотопов очень тяжелого ( $A = 238$ ) элемента — урана. Поэтому в качестве наиболее быстрого и достаточно надежного способа получения цепной реакции

---

<sup>4</sup> Официально программа научно-исследовательских работ по использованию внутриатомной энергии была утверждена лишь 20.08.1945 г., когда И.В. Сталин подписал постановление ГКО об организации Специального комитета (в котором из 9 членов от ученых были только И.В. Курчатов и П.Л. Капица) и Технического совета (в который уже входили 7 ученых из 11 членов). Подробно содержание программы изложено в докладе И.В. Курчатова И.В. Сталину от 12.02.1946 г., составленном после их встречи 25.01.1946 г. Она поражает грандиозностью планов и оптимизмом при оценке сроков их выполнения.

Следует заметить, что некоторую уверенность в успехе предстоящих работ приносили сведения, добываемые разведкой, которые И.В. Курчатов высоко ценил и даже в некотором смысле «руководил» деятельностью «разведчиков», подсказывая, что конкретно надо узнать. Разведанные получал только И.В. Курчатов, который потом решал, что из них можно показать еще двум-трем физикам. Уверенность в успехе получения цепной реакции подкрепилась сообщением разведки о запуске в США 02.12.1942 г. первого в мире атомного реактора. А о реальности проекта создания атомной бомбы весь мир узнал летом 1945 г. без разведанных. И, справедливости ради, отметим, что после этих трагических событий американцы в значительной степени «открылись», опубликовав широко известный отчет Г.Д. Смита [6], который уже весной 1946 г. появился в нашей стране в русском переводе и, несомненно, принес большую пользу.



Игорь Васильевич Курчатов  
(1903–1960)



Борис Васильевич Курчатов  
(1905–1972)

И.В. Курчатов выбрал вариант с использованием естественного урана и графита и решил заняться его реализацией лично с участием научного сотрудника И.С. Панасюка.

Что касается второй главной задачи — получение  $^{239}\text{Pu}$  и изучение его свойств, — то она легла на плечи брата И.В. Курчатова — радиохимика Бориса Васильевича Курчатова. Рассказу о решении этих двух важнейших задач и будут посвящены 1 и 2 разделы статьи.



Юлий Борисович Харитон  
(1904–1996)



Яков Борисович Зельдович  
(1914–1987)

Кроме двух упомянутых первоочередных задач, в стратегическую программу работ над Атомным проектом входил еще ряд важнейших задач, за решение каждой из которых тоже отвечали конкретные люди: за тяжеловодный реактор — А.И. Алиханов и С.Я. Никитин; за разделение изотопов урана — И.К. Кикоин и Л.А. Арцимович; за реактор на естественном уране с обычной водой (И.В. Курчатов называл эту проблему «Наукой о воде») — Г.Н. Флёрв и В.А. Давиденко; за сооружение большого циклотрона — Л.М. Неменов; за проект промышленного реактора — И.В. Курчатов и В.И. Меркин; наконец, за разработку конструкции и создание атомной бомбы — Ю.Б. Харитон и Я.Б. Зельдович.

Мы привели этот (далеко не полный) перечень задач, чтобы показать грандиозность программы, каждый пункт которой курировал И.В. Курчатов, а выполняли наряду с названными конкретными руководителями большие, подчас даже промышленные коллективы. И, разумеется, описывать решение хотя бы еще одной из них, кроме упомянутых выше двух первоочередных, в рамках настоящей статьи абсолютно невозможно, но зато эти две будут описаны достаточно подробно.

## 1. Физический реактор Ф1

Выбранный И.В. Курчатовым вариант реализации цепной ядерной реакции деления требовал наличия нескольких десятков тонн урана и нескольких сотен тонн графита исключительной (спектральной) чистоты. В них не должно быть даже следов веществ, сильно поглощающих нейтроны (кадмий, бор и др.). Поэтому первый этап работы по созданию реактора заключался в добывании необходимого количества урана и графита и проверке их качества.

**1.1. Нейтронно-физические эксперименты по проверке чистоты графита и урана.** Первые эксперименты по проверке качества имеющегося в Лаборатории небольшого количества урана и графита И.В. Курчатов и И.С. Панасюк начали проводить еще летом 1943 г. в помещении Сейсмологического института. А помогали им упомянутый выше 13-летний микролаборант «Кузьмич» и еще один вполне

взрослый лаборант Н.Е. Юкович. Исследования проводились так называемым методом пропускания, сущность которого заключалась в измерении ослабления пучка нейтронов от (Ra- $\alpha$ -Be)-источника при размещении на его пути тонких (от нескольких мм до нескольких см) пластинок урана или графита.

Измерения проводились с помощью небольшой ионизационной камеры, заполненной газом BF<sub>3</sub> (детектор нейтронов) с усилителем и механическим счетчиком, регистрирующим число нейтронов. В результате измерения были получены значения полных сечений взаимодействия нейтронов с испытуемым веществом, по величине которых можно было судить о степени его загрязнения.

Позднее, примерно через год после освоения новой территории (т.е. уже в моем присутствии), когда в Лабораторию начали завозить большие партии промышленного графита, для проверки его качества вблизи от Главного здания установили большую армейскую палатку. Промышленный графит (электроды для металлургических работ) был очень плохого качества — он содержал около процента вредных примесей, борьба с которыми заняла полгода напряженной работы по созданию совместно с работниками завода новой технологии очистки и проверки качества графита.

Теперь для определения степени загрязнения графита из него сооружалась большая призма, в центр которой помещался нейтронный источник и методом радиоактивных индикаторов (индиевая фольга) или с помощью описанной выше ионизационной камеры измерялось распределение плотности нейтронов в зависимости от расстояния до источника. Обработка этих данных позволяет определить длину диффузии тепловых нейтронов  $L$ , по значению которой можно судить о чистоте графита (чем  $L$  больше, тем графит чище). Наконец, к октябрю 1945 г. вредные примеси удалось снизить в 100 раз, и в Лабораторию начали поступать партии достаточно чистого графита.

С ураном дело обстояло совсем плохо. Специальной добычи урана в стране в это время не существовало. Его можно было получить в очень небольшом количестве только в виде отходов при добыче радия. Правда, в конце концов к началу 1945 г. в Лаборатории уже накопилось около 7 т окиси урана и ее тоже стали проверять новым более эффек-

тивным методом (графитовая призма с брикетами из пресованной окиси урана), но технология получения из окиси урана металла, а из металла металлических блоков с алюминиевой облицовкой оказалась очень сложной (при массовом производстве блоков ее даже пришлось заменить на другую), а главное — имеющегося количества окиси урана было совершенно недостаточно.

Положение спасла служба НКВД, которая летом 1945 г. организовала экспедицию в Германию по поискам там запасов урана. Представителями от ученых в этой экспедиции были И.К. Кикоин и Л.А. Арцимович. Вспоминается мое изумление, когда я увидел их в форме полковников Советской армии в вестибюле Главного здания.

Экспедиция разыскала в Германии 300 т окиси урана и вывезла ее в СССР, а ближе к концу 1945 г. в советской зоне оккупации Германии была организована добыча урановой руды. Руда тут же на месте перерабатывалась и в виде уранового концентрата отправлялась в СССР. А в начале 1946 г. в Лабораторию стали поступать первые партии чистого металлического урана с завода в Подмоскowie, качество которых проверялось не только в сооружаемых в палатке графитовых призмах с урановыми вкладышами, но и на небольшом циклотроне (см. разд. 1.3).

В заключение рассказа о нейтронно-физических измерениях, проводившихся в палатке, несколько слов о самих исполнителях этих работ и условиях, в которых они работали. Кроме И.В. Курчатова и И.С. Панасюка, а также присоединившегося к ним позднее И.Ф. Жежеруна, в измерениях участвовали 4 лаборанта, двое из которых до недавнего времени являлись членами нашей группы «дореакторных» ветеранов. Это все тот же (но теперь уже 15-летний) А.К. Кондратьев и поступивший на работу в Лабораторию весной 1945 г. после службы в армии В.К. Лосев. От них я узнал некоторые подробности их работы.

Поскольку измерения проводились круглый год, то для защиты дежурного лаборанта от зимних холодов в левом углу палатки была сооружена землянка, отапливаемая электроплиткой. В землянке стояли стол и стул. На столе находились измерительная аппаратура и внутренний телефон для связи с кабинетом И.В. Курчатова и комнатой И.С. Панасюка. Рядом с палаткой была сооружена неболь-

шая подземная химическая лаборатория для опытов Б.В. Курчатова. Близкое соседство обоих секретных объектов позволяло обходиться одним сотрудником охраны.

**1.2. Экспоненциальные опыты.** Работа в палатке около Главного здания длилась примерно год, а весной 1946 г. для ее продолжения на новом уровне была установлена вторая палатка поблизости от строящегося здания будущего реактора. Здесь, во-первых, продолжалась проверка качества поступающего графита, во-вторых, проводились так называемые экспоненциальные опыты в уран-графитовых призмах, позволявшие оценивать коэффициент размножения, критическую массу и размеры будущего реактора.

Проверка графита теперь проводилась сравнительным методом, сущность которого заключалась в том, что некоторая часть эталонной графитовой призмы заменялась вкладышем из проверяемого графита и сравнивались диффузионные характеристики до и после замены [7]. Вкладыши с пониженным счетом плотности нейтронов считались браком.

На заключительном этапе этого эксперимента из отобранных достаточно чистых брусков графита был сооружен гигантский куб размерами 6х6х6 м и весом 365 т, в центре которого поместили (Ra- $\alpha$ -Be)-источник нейтронов и способом, описанным в разд. 1.1, измерили диффузионную длину тепловых нейтронов  $L$ . Эта работа была завершена в октябре 1946 г. [8]. Из полученного в ней достаточно большого значения  $L = 48,5 \pm 1$  см (для идеально чистого графита позднее получили  $L = 54$  см) следовало, что графит пригоден для сборки реактора.

Масштаб экспоненциальных опытов был не так велик, как проверка качества графита, но результаты их были столь же важны. Теория экспоненциальных опытов была развита И.Я. Померанчуком еще в январе 1944 г. [9], но поставить их И.В. Курчатову и И.С. Панасюку удалось только через два года, когда в Лабораторию начали поступать первые партии металлического урана [10].

Эксперимент проводился в два этапа. На первом этапе из графитовых брусков была построена призма размерами 100х100х350 см, в которой была измерена длина диффузии ( $L = 48 \pm 2$  см). На втором этапе в части брусков были просверлены цилиндрические каналы, которые в разных вари-



антах эксперимента заполнялись по-разному: либо полностью ураном (800 кг), либо наполовину (400 кг), либо вместо урана использовались эквивалентные по поглощению нейтронов алюминиевые цилиндры со смесью бора с парафином. По значениям длины диффузии, полученным в разных вариантах измерений, теория И.Я. Померанчука с поправками В.С. Фурсова [11]<sup>5</sup> дала для коэффициента размножения в системе бесконечно больших размеров  $k_{\infty}$  значения  $k_{\infty} = 1,09 \pm 0,02$ , из которого для критического радиуса реактора  $R_{кр}$  (соответствующего коэффициенту размножения  $k = 1$  системы реальных размеров) получалась совсем небольшая величина  $R_{кр} = 2,0$  м.

Однако это оптимистическое значение  $k_{\infty}$  было получено при использовании всего лишь 800 кг специально отобранного особо чистого урана, а для сооружения реактора его было необходимо несколько десятков тонн. Поэтому оставалась весьма актуальной задача проверки качества вновь поступающих партий урана. Чтобы сделать проверку оперативной (не требующей сооружения новых 800 кг призм), был использован сравнительный метод, аналогичный примененному раньше для графита (сравнивались скорости счета детектора для небольшой, 100–150 кг, испытуемой и такой же эталонной партии урана). Годными считались только такие партии урана, результаты проверки которых в пересчете на  $k_{\infty}$  давали значения в пределах  $1,0 \leq k_{\infty} \leq 1,09$ . При этом кроме урана, сравнительным методом были проверены также  $UO_2$  и  $U_3O_8$  [12].

**1.3. Конструкция реактора Ф1 и особенности его кинетики.** И.В. Курчатов не мог ждать момента, когда в Лабораторию поступит достаточное количество урана наилучшего качества, и решил использовать для сооружения реактора весь имеющийся незабракованный уран и графит. В этом

---

<sup>5</sup> И.Я. Померанчук (1913–1966) работал в Лаборатории № 2 в период 1943–46 гг., однако встретились мы с ним только в 1950-е годы, в МИФИ, когда оба занимались там преподавательской деятельностью. Но зато с В.С. Фурсовым я познакомился задолго до того, как мы оба оказались сотрудниками Лаборатории № 2: в 1939 г. я на физфаке МГУ слушал его лекции по электродинамике и сдавал ему экзаме́н.

случае оценки  $k_{\infty}$  приводили к значениям  $k_{\infty} = 1,04 - 1,05$  и  $R_{кр}$  к 3,5–4 м, а с учетом отражателя нейтронов — графитовой изоляции, затрудняющей вылет нейтронов за пределы реактора, — до 4,5 м. В итоге диаметр реактора шарообразной формы получался равным 9 м, причем нижнюю половину шара для устойчивости требовалось достроить до цилиндра. В результате оказалось, что для сооружения реактора необходимо примерно 50 т урана и 500 т графита.

К июню 1946 г. для будущей реакторной установки уже было построено здание «К» (от слова «котел», как первоначально называли реактор) размерами 15x40 м и высотой 8,5 м. Большую часть здания занимал главный зал с бетонированным котлованом размерами 10x10 м и глубиной 7 м для размещения в нем самого реактора. Помещение для сотрудников, обслуживающих реактор, тоже находилось ниже уровня земли и было защищено от радиации железобетонной стеной и 15-метровым слоем грунта.

Попасть оттуда в котлован можно было только через зигзагообразный наклонный туннель, не пропускающий радиации.

Перед сборкой реактора для уточнения его параметров в котловане было изготовлено несколько моделей возрастающих размеров, в центре которых измерялась скорость счета нейтронов спонтанного деления. В результате для  $R_{кр}$  (с учетом отражателя толщиной 0,8 м) было получено уточненное значение  $R_{кр} = 3,8$  м, а ожидаемое количество графита снизилось до 400 т.

Сооружение реактора началось 15.11.1946 г., когда в Лаборатории было немногим больше половины требующегося металлического урана. Поэтому при сборке реактора, кроме металлических блоков, использовались также брикеты из спрессованных окислов урана.

Поскольку бруски графита имели прямоугольную форму размерами 10x10x60 см, то сооружаемый реактор представлял собой слоистую конструкцию, каждый десятисантиметровый слой которой либо был чисто графитовый (8 нижних и 8 верхних слоев защиты), либо состоял из брусков графита с просверленными в них на определенных расстояниях отверстиями для урановых блоков и брикетов (60 слоев активной зоны). Загрузка урана проводилась по принципу:

лучшие сорта в центре, похуже — дальше от него, брикеты с окислами — на периферии реактора. По такому же принципу размещался графит [13].

В проекте конструкции реактора были предусмотрены три вертикальных канала для сильно поглощающих нейтроны (кадмиевых) стержней СУЗ (система управления и защиты) и пять горизонтальных — для контрольно-измерительных приборов и экспериментальных установок небольшого размера. Кроме того, в центре реактора был предусмотрен сквозной горизонтальный тоннель сечением 40x60 см, заполненный 14-ю вкладышами из уран-графитовой решетки. Заменяв один из вкладышей на экспериментальную установку таких же размеров, можно было поставить опыт по ее облучению в разных местах реактора, включая его центр.

В соответствии с проектом реактор должен был стать критичным после укладки 68-го слоя. Однако измерение скорости счета плотности нейтронов показывало, что он может «ожить» раньше. Поэтому уже, начиная с 38-го слоя, укладка последующих слоев проводилась при опущенных стержнях СУЗ. Проверка скорости счета после каждого слоя показала, что она возрастает до нового уровня насыщения. А после укладки 62-го слоя насыщения уже не наступило, скорость счета непрерывно росла и чтобы остановить ее рост, пришлось опустить в реактор стержень СУЗ. Реактор «ожил» досрочно, не добрав 6 слоев активной зоны до проектных 68. Это случилось, как вспоминает И.Ф. Жезерун, 25.12.1946 г. в 15 ч.

А 28.12.1946 г. И.В. Курчатов и три «руководящих товарища» (Л.П. Берия, Б.Л. Ванников и М.Г. Первухин) рапортовали И.В. Сталину о пуске 25.12.1946 г. опытного реактора Ф1. (Первая подпись в рапорте, естественно, принадлежала Берии, но на второе место остальные «товарищи» пропустили И.В. Курчатова.)

Через пару недель, 09.01.1947 г., в кремлевском кабинете И.В. Сталина состоялось совещание, программа которого была подготовлена Б.Л. Ванниковым и согласована с И.В. Курчатовым. На этом совещании обсуждалось состояние научно-исследовательских работ по использованию атомной энергии. От Лаборатории № 2 на нем присутствовали и выступали с докладами И.В. Курчатов, И.К. Кикоин, Л.А. Арцимович и Ю.Б. Харитон.

С тех пор традиция подобных глобальных совещаний, заложенная И.В. Курчатовым, сохранялась на протяжении всей истории института, носящего его имя. Одно из последних известных мне обсуждений вопросов атомной энергетики будущего состоялось в сентябре 2011 г. на ученом совете НИЦ «КИ». Оно нашло отражение в книге [14].

Вернемся, однако, обратно в 1946–47 гг. Я не был участником ни описанных выше экспериментов в палатках, ни подготовки реактора к пуску, ни самого запуска, так как в это время плотно занимался исследованиями, относящимися к изучению системы естественный уран плюс обычная вода («Наукой о воде»). Мое участие в создании реактора Ф1 свелось лишь к проверке качества урановых блоков для него, которой я в течение некоторого времени в начале 1946 г. занимался на первом небольшом циклотроне Лаборатории.

Но хотя я весьма незначительно поспособствовал созданию первого реактора, работать на нем меня пригласили сразу же после его запуска, в самом начале 1947 г. В это время Ф1 использовался для проверки качества поступающих поступать новых партий урановых блоков, предназначенных теперь для сооружения промышленного реактора. И меня, как до некоторой степени «специалиста» по проверке блоков, решили использовать в качестве дежурного физика.

В связи с тем, что реактор имел небольшой коэффициент размножения  $k = 1,005$ , который всего на 0,5 % превышал равновесное значение  $k = 1$ , цепная реакция, в нем могла протекать только при участии в ее процессе так называемые запаздывающих нейтронов, доля которых в составе спектра вторичных нейтронов равна 0,64 % (т. е. больше 0,5 %, а значит, без них  $k < 1$ ). И поскольку запаздывающие нейтроны вылетают в процессе деления ядер урана не мгновенно, а с некоторой задержкой, то реактор, работающий с их участием «разгоняется» до заданной мощности и «затухает» после выключения очень медленно. Настолько, что им можно управлять вручную, поднимая или опуская с помощью обыкновенной лебедки регулирующий стержень с нанесенными на нем сантиметровыми делениями.

За положением стержня можно было наблюдать в перископ, который И.В. Курчатов, по-видимому, получил в подарок от моряков-соратников по совместной работе в нача-

ле войны, когда он вместе с А.П. Александровым занимался размагничиванием военных кораблей. Позднее (в 1950 г.) перископ заменили на специально изготовленную оптическую систему [15]. (Лебедку заменили электросельсинами еще в период моего дежурства.)

В обязанности дежурного физика, кроме контроля за заменой определенного количества «родных» блоков реактора на такое же количество испытуемых, входил запуск реактора и разгон его до определенной мощности с целью сравнения величины реактивности  $\rho = (k - 1)/k \approx k - 1$  в обоих случаях<sup>6</sup>. Поскольку реактивность линейно зависит от глубины погружения регулирующего стержня, то о ее величине можно было судить по значению цифры на стержне, которая была видна в перископе.

Эти измерения не требовали запуска реактора на большую мощность и были вполне безопасны для обслуживающего персонала. Если же возникала необходимость в большой мощности, то реактор запускался дистанционно (из Главного здания, отстоящего от него более чем на полкилометра). В отличие от первого американского реактора, наш имел воздушное охлаждение и позволял осуществлять подобные запуски. Их проводили в отсутствие людей на территории Лаборатории (по воскресеньям) и на местном жаргоне называли «свадьбой» (кстати, на этом жаргоне графитовая призма И.С. Панасюка называлась «кучей», а подземная лаборатория Б.В. Курчатова «погребом»).

Во время этих запусков реактора на большую мощность, в частности, проводилось облучение больших порций урана для последующего выделения из него весовых количеств нептуния и плутония (см. разд. 2).

А бригада участников сооружения и запуска реактора Ф1 во главе с И.В. Курчатовым вскоре направилась в Челябинск-40 (объект «Маяк» на Урале), где началось строительство первого промышленного реактора, проектированием которого И.В. Курчатов и В.И. Меркин занимались еще в

---

<sup>6</sup> Урановые блоки подвозили к воротам здания реактора на спецмашинах солдаты во главе с офицером. Они же приносили партию блоков, упакованных в металлические ящики-контейнеры на площадку, сооруженную в котловане в районе сквозного тоннеля реактора, где было оборудовано устройство для оперативного обмена блоков. Эту работу выполняли лаборанты реактора.

1945 г. Физический пуск промышленного реактора (для сооружения которого потребовалось 72,6 т урана) состоялся 08.06.1948 г. (рабочий пуск с охлаждающей водой — 10.06.1948 г.), а 29.08.1949 г. было проведено испытание отечественной атомной бомбы. Но рассказ об этих событиях выходит за рамки настоящей статьи.

## **2. Радиохимические эксперименты по получению нептуния и плутония**

Летом 1943 г., когда Лаборатория № 2 уже была организована, И.В. Курчатов вызвал из Казани своего брата Бориса Васильевича и предложил ему заняться получением трансурановых элементов № 93 и № 94 и изучением их свойств<sup>7</sup>. Выбор Б.В. Курчатова для решения этой важнейшей задачи был не случаен. Именно он обеспечил успех радиохимической части знаменитой работы братьев Курчатовых с сотр., в которой была открыта ядерная изомерия радиоактивного изотопа брома [19].

**2.1. Предыстория открытия нептуния.** Из довоенных журналов (до того, как в них перестали печатать любые статьи, имеющие отношение к урановой проблеме) Б.В. Курчатов узнал, что 93-й элемент был открыт в 1940 г. американскими учеными Мак-Милланом и Абельсоном, которые доказали, что он  $\beta^-$ -радиоактивен и распадается с периодом полураспада 2–3 суток. По аналогии с устрой-

---

<sup>7</sup> При написании этого раздела я, кроме упомянутых ранее архивных источников, воспользовался статьей самого Б.В. Курчатова, опубликованной в свое время в институтской газете «Курчатовец» и воспроизведенной после его смерти в журнале «Радиохимия» [16], а также воспоминаниями сотрудников Б.В. Курчатова [17]. Кроме того, начиная с осени 1945 г., у меня появились и своеобразные «личные» воспоминания о Б.В. Курчатове. В это время к нему в сектор поступала на работу моя сестра Людмила — химик по образованию, которая стала для меня источником ценной информации о текущих делах. А когда через пару лет она вышла замуж за Бориса Васильевича, то начала также рассказывать о том, что узнала о предыдущей деятельности обоих братьев Курчатовых, поскольку в первые годы после замужества жила в доме Игоря Васильевича на территории института. И этими «воспоминаниями» я тоже воспользовался. А мои по-настоящему личные воспоминания о встречах с И.В. и Б.В. Курчатовыми опубликованы в упомянутой выше статье [1] и книге Р.В. Кузнецовой [18].

ством Солнечной системы, в которой планета Нептун находится за Ураном, 93-й элемент назвали нептунием. Из (1) очевидно, что был открыт изотоп нептуния  $^{239}\text{Np}$ . Однако обнаружить 94-й элемент — плутоний (изотоп  $^{239}\text{Pu}$ ) им не удалось.

Свою неудачу авторы работы объяснили тем, что плутоний-239 имеет очень большой период полураспада (порядка миллиона лет).

Что касается химических свойств нептуния, то в этой работе, по-видимому, впервые было высказано предположение о его принадлежности к группе актинидов — элементов с близкими химическими свойствами ( $_{89}\text{Ac}$ ,  $_{90}\text{Th}$ ,  $_{91}\text{Pa}$ ,  $_{92}\text{U}$ ), аналогичной группе лантанидов — редкоземельных элементов ( $_{57}\text{La}$ ,  $_{58}\text{Ce}$ ,  $_{59}\text{Pr}$ ...).

Близость химических свойств урана и нептуния затрудняла работу по их разделению, но аналогия в свойствах актинидов и лантанидов (образование последующих элементов в обеих группах обусловлено заполнением *внутренних* электронных оболочек атомов) позволяла рассчитывать на возможность использования при выделении Np методики, разработанной для группы редкоземельных элементов. Однако в 1942 г. в печати появилась еще одна (последняя) публикация о 93-м элементе, в которой отмеченная выше аналогия отрицалась. При этом важно заметить, что работа принадлежала знаменитым физико-химикам Хану и Штрассману, открывшим в 1938 г. деление урана (в наше время в их честь назван 108-й элемент Периодической системы Д.И. Менделеева — хассий  $^{108}\text{Hs}$ ). Вот в такой неопределенной ситуации началась работа по получению отечественного нептуния.

**2.2. «Сейсмологический» нептуний.** Когда Б.В. Курчатов прибыл в Москву, немногочисленные сотрудники Лаборатории № 2 ютились в совершенно непригодных для экспериментальной, тем более химической работы комнатах в подвале Сейсмологического института в Пыжевском переулке. Для своих химических процедур Б.В. Курчатов располагал придвинутым к окну столом, передняя часть которого была отгорожена от головы экспериментатора

стеклом, а тяга в этом своеобразном «вытяжном шкафу» обеспечивалась вентилятором в форточке.

Идея первых опытов Б.В. Курчатова заключалась в попытке ответить на вопрос: кто прав — Мак-Миллан и Абельсон или Хан и Штрассман? С этой целью Б.В. Курчатов провел длительное (несколько предполагаемых периодов полураспада нептуния) облучение урана нейтронами (Ra- $\alpha$ -Be)-источника и применил для выделения 93-го элемента известную ему методику разделения лантанидов. Успех был полный. Хан и Штрассман ошиблись. Химические свойства 93-го элемента оказались сходными со свойствами лантанидов. Этот результат позволил Б.В. Курчатову разработать так называемый лантано-сульфатный метод очистки 93-го элемента, который отличался особой простотой и надежностью.

Подтверждением получения нептуния является проверка выделенного индикаторного образца на  $\beta^-$ -радиоактивность. Этой работой занималась помогавшая Б.В. Курчатову В.П. Константинова — физик по образованию. На вечно портящейся  $\beta$ -установке, вывезенной из Казани, ей в конце концов удалось измерить период полураспада выделенного образца, который совпал с результатами измерений Мак-Миллана и Абельсона. Полностью работа по изучению свойств нептуния была завершена весной 1944 г. уже в Главном здании на новой территории.

**2.3. Первый плутоний из бочки с водой.** Летом 1944 г., когда была вырыта и оборудована химическая «лаборатория» вблизи палатки И.С. Панасюка, началась работа по получению 94-го элемента — плутония и изучению его свойств. Первый этап работы заключался в длительном (около 3-х месяцев) облучении урана тепловыми нейтронами, в результате которого можно было надеяться на более или менее значительное накопление долгоживущего изотопа плутония  $^{239}\text{Pu}$  (изотоп нептуния  $^{239}\text{Np}$  накапливается практически до насыщения уже через пару недель).

Для облучения урана в «лаборатории» установили довольно большую бочку с водой, в которую была погружена колба, содержащая около 10 кг растворимых солей урана с (Ra- $\alpha$ -Be)-источником нейтронов в ее центре. Вода была необходима для замедления быстрых нейтронов источника до тепловой энергии, при которой их взаимодействие с ураном происходит наиболее эффективно.



Заметим, что мы не случайно берем слово «лаборатория» в кавычки. В своей статье Б.В. Курчатов вспоминает, что, в сущности, она представляла собой погреб с тяжелой крышкой на петлях. При посещении «лаборатории» крышку откидывали и спускались по крутой лестнице внутрь, а выходя, оттуда крышку захлопывали. И однажды едва не произошла трагедия.

Б.В. Курчатов спустился в «лабораторию» вместе с лаборантом-химиком З.П. Калгановой, а когда выходил из нее, решил, что З.П. ушла раньше, и захлопнул крышку ... ей на голову. А в крышке торчали гвозди. Но, к счастью, они оказались в стороне, и З.П. отделалась ушибом и легким сотрясением мозга.

В середине октября 1944 г. облучение урана завершилось и начался второй этап работы — выделение плутония. Опыты проводились на пяти отдельных порциях от 0,5 до 2 кг облученного урана с некоторыми вариациями химических операций и длились около полугода с переменным успехом. Наконец, в апреле 1945 г. из последней двухкилограммовой порции урана был выделен препарат, показавший  $\alpha$ -активность масштаба 20 имп/мин, что заметно превышало фон.

Оценка периода полураспада дала отнюдь не миллион лет, как предположили Мак-Миллан и Абельсон, а  $T_{1/2} = 31000$  лет, что в пределах ошибок совпадает с полученным позднее более точным значением. Резюмируя значение описанного этапа работы по получению плутония, можно сказать: да, он несомненно получен, но только в индикаторном количестве, существование которого обнаруживает себя лишь  $\alpha$ -распадом.

**2.4. «Циклотронный» и «реакторный» плутоний.** Новый успех пришел после того, как облучение урана стали проводить на первом небольшом циклотроне Лаборатории № 2, который давал поток нейтронов на порядок больше, чем (Ra- $\alpha$ -Be)-источник<sup>8</sup>. Всего было облучено 10 крупных (по

---

<sup>8</sup> Первый небольшой циклотрон Лаборатории № 2 (единственный действующий в СССР в это время) был запущен в конце 1944 г. под руководством И.В. Курчатова и Л.М. Неменова. Для его сооружения была использована высокочастотная установка от недостроенного из-за войны циклотрона ЛФТИ (вывезенная Л.М. Неменовым из блокадного Ленинграда) и полюса магнита, диаметром 73 см, изготовленные в Москве.

5 кг) порций уранилнитрата, заключенных в парафин. Облучение продолжалось до 150 часов для каждой порции в течение периода с декабря 1945 г. по сентябрь 1946 г. В результате Б.В. Курчатов отработал технологию выделения плутония настолько хорошо, что теперь индикаторную порцию плутония запросто мог получить любой лаборант-химик. И общее количество выделенного плутония уже *выражалось* в единицах веса ( $1,8 \cdot 10^{-2}$  мкг), но все же это было *не весовое* количество плутония, а индикаторное, которого было недостаточно для разработки химии плутония. Для этого было необходимо по-настоящему весовое его количество.

Такая задача была решена весной 1947 г. после облучения на реакторе Ф1 двух 5-килограммовых порций окислов урана. В результате применения лантан-сульфатного метода и нескольких окислительно-восстановительных циклов в апреле 1947 г. были получены две *навески* плутония 6,1 мкг и 17,3 мкг, т.е. в 1300 раз больше общего количества «циклотронного» плутония.

**2.5. Химия плутония.** Полученные весовые порции были использованы для изучения свойств химических соединений плутония, свободного от лантанового носителя, а также для исследования растворимости его труднорастворимых соединений (гидроокиси, фторида, гидрата, перекиси, иодита). Решение обеих этих задач было необходимо для разработки химии выделения в будущем плутония в килограммовых количествах из урана, облученного в промышленном реакторе.

Параллельно с Б.В. Курчатовым и его сотрудниками проблемой получения, выделения и исследования свойств

---

«Родные» полюса циклотрона ЛФТИ вывезти не удалось, так как они имели диаметр 1,2 м и весили 75 т. Позднее их использовали при завершении сооружения циклотрона ЛФТИ, для которого был изготовлен новый высокочастотный генератор. Запуск этого циклотрона состоялся в ноябре 1946 г. На нем также облучали уран для выделения нептуния и плутония. А в 1947 г. в Лаборатории № 2 был запущен второй (на этот раз большой) московский циклотрон с полюсами диаметром 1,5 м. При проектировании этого циклотрона предполагалось, что на нем можно будет одновременно облучать до 6 тонн уранилнитрата в смеси с парафином (для замедления нейтронов), что позволило бы получить весовое количество плутония в случае задержки с запуском реактора Ф1.

плутония занимались вернувшиеся в Ленинград из Казани сотрудники Радиевого института Академии наук (РИАН) во главе с его директором академиком В.Г. Хлопиным. Для этой работы в 1945–46 гг. ими был использован их собственный циклотрон (законсервированный на время эвакуации).

В результате в РИАН также была разработана технологическая схема промышленного получения плутония. Именно эту схему специальная комиссия предпочла внедрить, когда на Урале в Челябинске-40 заработал первый в стране радиохимический завод (хотя сам В.Г. Хлопин дал высокую оценку лантано-сульфатному методу Б.В. Курчатова после проверки его у себя в РИАНе). У спецкомиссии по приему и внедрению разработанной технологии всегда есть спецсоображения. Также было с технологией изготовления металлического урана, первый килограмм которого получила в ГИРЕДМЕТЕ З.В. Ершова еще в декабре 1944 г. Однако принят был другой «более простой» метод, который дал результаты только весной 1946 г. Впрочем, я не химик и не металлург.

Кроме плутония, из облученного урана на химическом заводе постепенно начали выделять трансплутониевые элементы от америция ( ${}_{95}\text{Am}$ ) до калифорния ( ${}_{98}\text{Cf}$ ), в радиохимических исследованиях свойств которых непосредственное участие тоже принимал Б.В. Курчатов и его сотрудники. А после взрыва первой атомной бомбы и последовавших за ним испытаний другого ядерного оружия Б.В. Курчатов стал основоположником исследований зараженности воздуха, почвы, воды и продуктов питания радиоактивными изотопами, образующимися при ядерных взрывах.

Результаты этих исследований стали весьма убедительными аргументами в выступлениях И.В. Курчатова с призывами повсеместного запрещения ядерных испытаний.

Подробнее о жизни и творчестве одного из основателей отечественной радиохимии можно прочесть в упомянутой выше книге [18].

### Заключительные замечания

Как уже упоминалось в начале статьи, кроме двух описанных выше первоочередных работ по Атомному проекту СССР, было много не менее важных и тоже очень объемных

исследований, которыми занимались большие коллективы сотрудников Лаборатории № 2 и от описания которых мы сознательно отказались. Тем более, совершенно невозможно в рамках этой статьи рассказать о великом множестве работ, выполнявшихся рядовыми научными сотрудниками, по определению различных ядерных констант, знание которых было необходимо для решения основных задач.

Единственное очень краткое исключение я позволю себе сделать для своих собственных работ, чтобы пояснить настойчивый интерес И.В. Курчатова к, казалось бы, нерешаемой задаче.

Когда в октябре 1944 г. меня «отозвали» из МГУ в распоряжение Лаборатории № 2, я попал в сектор № 5 Д.В. Тимошука и вскоре вместе с ним начал заниматься нейтронной физикой. Эта работа имела некоторое отношение к «Науке о воде», т.е. к рассмотрению почти безнадежной, как многие считали, проблемы создания реактора на базе естественного урана и простой воды, которой более плотно занимались Г.Н. Флёрв и В.А. Давиденко. А мы с Д.В. Тимошуком исследовали замедление нейтронов в области низких энергий в аналоге воды — парафине, пытаясь улучшить его замедляющие свойства механическим путем (перфорацией замедлителя) [20, 21]. Эта наша деятельность длилась с весны 1945 г. до конца 1946 г. с отвлечениями в начале 1946 г. (когда стали поступать первые блоки урана, на исследование их качества на первом небольшом циклотроне Лаборатории № 2) (см. разд. 1.3 и 2.4).

А в начале 1947 г., когда меня назначили дежурным физиком на реакторе, я через некоторое время познакомился со ст.н.с. сектора № 12 Ю.А. Зысиным, который что-то периодически облучал нейтронами. Из беседы с ним я узнал, что он связан с Арзамасом-16 (филиал Лаборатории № 2, КБ-11), что-то временами делает для него (сейчас, например, проектирует специальный лабораторный корпус), а попутно набирает команду молодых людей для длительной работы там, обещая им высокую зарплату и правительственные награды после окончания командировки. К осени 1947 г. ему удалось сагитировать двух сотрудников Лаборатории, а ближе к зиме соблазнить и меня тоже.

Справедливости ради следует заметить, что я не столько соблазнился заманчивыми обещаниями, сколько обрадовал-

ся представившемуся случаю уйти из сектора № 5, с начальником которого к этому моменту у меня сложились невыносимые взаимоотношения (как показало будущее, не по моей вине).

Так, зимой 1947–48 гг. я оказался в Арзамасе-16, где уже работали знакомые мне (благодаря совместной деятельности по теме «Наука о воде») сотрудники Лаборатории № 2 Г.Н. Флёрв и В.А. Давыденко, которые познакомили меня с известным физиком-теоретиком Я.Б. Зельдовичем (все мы жили тогда в гостинице). Свои впечатления об Арзамасе и подробности работы в Лаборатории Г.Н. Флёрова, куда меня направил после беседы со мной Ю.Б. Харитон, я уже описал в [1], а сейчас только напомним, что весной 1948 г. Г.Н. Флёрв направил меня на неделю в Москву повидаться с женой, передать И.И. Гуревичу нейтронный источник и заодно посоветоваться с ним о программе нашей работы, а также переодеться во все летнее (наступила бурная весна, а я ходил в шубе).

Однако после подробного рассказа И.И. Гуревичу о том, чем я начал заниматься у Г.Н. Флёрва, он неожиданно предложил мне не возвращаться в Арзамас, сказав, что эту работу я быстрее и лучше выполню у него в секторе, а юридические сложности, он отрегулирует с Ю.Б. Харитоном по телефону. Аргументация насчет «быстрее и лучше» была весьма убедительной, и я согласился. В результате, моя попытка поучаствовать в создании атомной бомбы сорвалась<sup>9</sup> и началась длительная работа в 12-м секторе И.И. Гуревича, в том числе по тематике Атомного проекта, что можно заметить даже по заголовкам выполненных работ [22–26], за которые в 1950 г. я получил премию Совета Министров СССР.

---

<sup>9</sup> А у Г.Н. Флёрва и В.А. Давыденко не сорвалась. Они проработали в КБ-11 вплоть до 1951 г., решили там весьма важную задачу по определению критической массы ядерного заряда атомной бомбы, участвовали в ее испытании, стали лауреатами Сталинской премии и Героями соцтруда. Но с 1953 г. Г.Н. Флёрв начал заниматься совсем другой проблемой — синтезом новых ядер и в 1957 г. возглавил Лабораторию ядерных реакций ОИЯИ в Дубне, в которой были синтезированы и изучены элементы №№ 102–107. Значимость этих работ была отмечена присвоением 105-му элементу названия *дубний*  $^{105}\text{Db}$ ; а сравнительно недавно в честь самого Г.Н. Флёрва элемент № 114, открытый в Дубне, был назван *флёрвием*  $^{114}\text{Fl}$ .

Что касается программы, намеченной для меня в Арзамасе-16, то я действительно быстрее и лучше выполнил ее в секторе И.И. Гуревича [27–29], чем приехавшие вместе со мной в Арзамас двое других сотрудников, которые остались там до конца командировки. И в 1952 г. эта программа завершилась защитой кандидатской диссертации [30].

А в 1953 г., когда стала весьма актуальна задача создания водо-водяных реакторов, я на новом уровне понимания вернулся к «Науке о воде» (которая при использовании естественного урана, слегка обогащенного изотопом  $^{235}\text{U}$ , перестает быть безнадежной) и к 1957 г. завершил большой цикл работ по изучению замедления нейтронов деления в воде и различных уран-водных средах, а также диффузии тепловых нейтронов в воде и льду [31–38]. Результаты, полученные в этих работах, выдержали испытание временем и наряду с другими более поздними, но оставшимися закрытыми работами были использованы в монографии [39].

К сожалению, из-за независящих от меня (и редакции Сборника) обстоятельств мне не удалось более подробно рассказать ни об этой, ни о работах других авторов (как было задумано вначале), тоже занимавшихся измерением ядерных констант.

В заключение автор благодарит читателя за внимание. А особую благодарность за ценные советы и большую помощь в работе выражает О.К. и П.А. Алексеевым.

## Литература

1. *Мухин К.Н.* Штрихи к портретам физиков / Исследования по истории физики и механики. 2009–2010. — М.: Физматлит, 2010. 480 с. — С. 136–213.
2. *Кузнецова Р.В.* И не было большого долга: академик И.В. Курчатов — научный руководитель советского Атомного проекта (1942–1960). Монография. — М.: РНЦ «КИ», 2010. 224 с.
3. Воспоминания об Игоре Васильевиче Курчатове. — М.: Наука, 1988. 496 с.
4. Игорь Васильевич Курчатов в воспоминаниях и документах. — М.: ИздАТ, 2003. 626 с.
5. *Жежерун И.Ф.* Строительство и пуск первого в Советском Союзе атомного реактора. — М.: Атомиздат, 1978. 144 с.
6. *Смит Г.Д.* Атомная энергия для военных целей. Изд. 2-е. — М.: ИздАТ, 2006. 287 с.

7. Курчатов И.В., Жежерун И.Ф., Панасюк И.С. Сравнительный метод оценки эффективного сечения захвата медленных нейтронов графитом. А/отч. № 545. 1946. 6 с.
8. Курчатов И.В., Панасюк И.С., Жежерун И.Ф., Конопаткин Н.М. Измерение диффузионной длины медленных нейтронов в 365-тонном графитовом кубе. А/отч. № 544. 1946. 5 с.
9. Померанчук И.Я. Нейтроны в призме с мультипликацией. А/отч. № 378. 1944. 4 с.
10. Курчатов И.В., Панасюк И.С. Экспоненциальные опыты с уран-графитовой решеткой. А/отч. № 548. 1946. 9 с.
11. Фурсов В.С. К теории экспоненциального опыта I–IV. А/отч. № 542. 1946. 4 с.; № 543. 1946. 3 с.; № 801. 1946. 4 с.; № 802. 1947. 3 с.
12. Курчатов И.В., Панасюк И.С., Жежерун И.Ф. Физические испытания пригодности урана для постройки первого уран-графитового котла. Ц/отч. № 1609. 1946. 22 с.
13. Курчатов И.В., Панасюк И.С. Строительство и пуск первого в Советском Союзе котла с самоподдерживающейся цепной реакцией. Ц/отч. № 3498. 1947. 36 с.
14. О стратегии ядерной энергетики России до 2050 года. — М.: Изд-во НИЦ «КИ». 2012. 144 с.
15. Журавлев А.А., Силаков Р.С., Володин И.И., Клеменков Н.А. Оптическая установка для дистанционного определения положения регулировочного стержня при работе экспериментального уран-графитового реактора. А/отч. № 513. 1950. 6 с.
16. Курчатов Б.В. Разгадка химической природы элемента № 94 // Радиохимия. 2003. Т. 45, № 5. С. 479–480.
17. Баранов С.А., Стриганов А.Р., Чулков П.М. К 70-летию со дня рождения Б.В. Курчатова // Атомная энергия. 1975. Т. 39, вып. 1. С. 39–41.
18. Кузнецова Р.В. Неповторимые черты таланта. Борис Васильевич Курчатов. Документы, воспоминания, избранные научные труды. М.: ИздАТ. 2005. 751 с.
19. Курчатов И., Курчатов Б., Мысовский Л., Русинов Л. Sur un cas de radioactivite provogée par in bombardement de neutrons sans cuprure de neutron // Compte Rend. 1935. Т. 200. Р. 1201–1203; УФН. 1967. Т. 93, вып. 3. С. 399–400.
20. Тимошук Д.В., Лазуков Н.А., Мухин К.Н. Замедление нейтронов в области малых энергий. Отчет ИАЭ инв. № 4431 арх. 1947. 5 с.
21. Тимошук Д.В., Мухин К.Н. Улучшение замедления нейтронов механическим путем (перфорированный замедлитель). Отчет ИАЭ. Инв. № 4432 арх. 1947. 6 с.
22. Зысин Ю.А., Мухин К.Н., Самойлович Д.М. Предварительные результаты исследования спектра вторичных нейтронов урана. Отчет ИАЭ. Инв. № 914 А. 1948. 9 с.
23. Мухин К.Н. Спектр нейтронов деления естественного урана. Отчет ИАЭ. Инв. № 874 А. 1949. 103 с.
24. Зысин Ю.А., Мухин К.Н., Романовский М.К. Изучение отражения быстрых нейтронов от сферических слоев металлов. Отчет ИАЭ. Инв. № 4699 арх. 1949. 63 с.
25. Мухин К.Н. Спектр нейтронов имитирующего источник И1. Отчет ИАЭ. Инв. № 4722 А. 1949. 28 с.

26. *Мухин К.Н.* Спектр нейтронов имитирующего источника И2. Отчет ИАЭ. Инв. № 421 А. 1950. 14 с.
27. *Гуревич И.И., Мухин К.Н.* Спектр нейтронов деления  $^{235}\text{U}$ . Отчет ИАЭ. Инв. № 891 А. 1951. 15 с.
28. *Барков Л.М., Мухин К.Н.* Спектр нейтронов деления  $^{235}\text{U}$ . Отчет ИАЭ. Инв. № 867 А. 1952. 31 с.
29. *Герасимова Р.И., Мухин К.Н.* Спектр нейтронов деления  $^{239}\text{Pu}$ . Отчет ИАЭ. Инв. № 868А. 1952. 16 с.
30. *Мухин К.Н.* Кандидатская диссертация. Отчет ИАЭ № 858А. 1952. 159 с.
31. *Барков Л.М., Мухин К.Н.* Моделирование эксперимента по изучению замедления нейтронов в воде с помощью нейтронного источника. Отчет ИАЭ. Инв. № 642А. 1954. 13 с.
32. *Барков Л.М., Мухин К.Н.* Предварительные результаты по измерению замедления нейтронов деления в воде на пучке тепловых нейтронов реактора РФТ. Отчет ИАЭ. Инв. № 1333 А. 1954. 20 с.
33. *Барков Л.М., Мухин К.Н.* Замедление нейтронов деления в воде // Атомная энергия. 1956. 3. С. 31–32.
34. *Барков Л.М., Мухин К.Н.* Исследования замедления нейтронов имитирующего источника в различных уран-водных средах. Отчет ИАЭ. № 34В. 1955. 8 с.
35. *Барков Л.М., Венедиктов А.П., Мухин К.Н.* Предварительные результаты по измерению на пучке РФТ замедления нейтронов деления  $^{235}\text{U}$  в уран-водной среде, содержащей 15т стандартных блоков урана. Отчет ИАЭ. № 571. ц. отч. 1955. 18 с.
36. *Барков Л.М., Венедиктов А.П., Мухин К.Н.* Замедление нейтронов деления в уран-водных средах // Атомная энергия. 1956. 3. С. 40–44.
37. *Барков Л.М., Макарьин В.К., Мухин К.Н.* Измерение замедления нейтронов в воде в интервале энергии 1,46–0,025 эВ // Атомная энергия. 1956. № 3. С. 33–39.
38. *Барков Л.М., Макарьин В.К., Мухин К.Н.* Измерение диффузионной длины тепловых нейтронов во льду // Атомная энергия. 1957. 3.
39. *Мухин К.Н.* Докторская диссертация. Отчет ИЭА. Инв. № 3153. 1963. 180 с.



Б.М. БОЛОТОВСКИЙ  
*Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН*

## ПАМЯТИ ЮРИЯ АБРАМОВИЧА ГОЛЬФАНДА<sup>1</sup>

В конце зимы 1994 г. в Израиле умер Юрий Абрамович Гольфанд. Я с ним работал в одном отделе Физического института им. П.Н. Лебедева Академии наук СССР и был свидетелем и в какой-то мере участником событий, связанных с его драматической судьбой. Помню, когда пришло известие о его кончине, мы с Ильей Исаевичем Ройзенем послали по электронной почте письмо с выражением нашего соболезнования семье Юрия Абрамовича и коллегам по научной работе в Технион — всемирно известный институт, расположенный в израильском городе Хайфа. После переезда из Советского Союза в Израиль Юрию Абрамовичу было суждено всего несколько лет проработать в этом институте. Тогда же я взялся за перо (компьютера у меня ещё не было) и записал свои воспоминания об этом замечательном человеке и о событиях вокруг него. Воспоминания получились довольно большие по объёму — несколько десятков страниц. Я отложил их в сторону, надеясь со временем вернуться к ним. Но когда через некоторое время я захотел их перечитать, мне не удалось их найти. Где-то они затерялись. Это было года четыре назад или немного раньше. И все эти четыре года меня не покидало сознание, что я не доделал до конца важную для меня работу — не записал своих воспоминаний о Гольфанде. Попробую сделать это сейчас, семь лет спустя после его кончины.

---

<sup>1</sup> Опубликовано в Интернете на сайте журнала «Семь искусств», 2012, № 11 <http://7iskusstv.com/2012/Nomer11/Bolotovskiy1.php>



Юрий Абрамович Гольфанд  
(1922–1994)

Толчком для меня послужил выход книги «The many Faces of the Superworld» («Многоликий супермир»), выпущенной в свет издательством World Scientific в 2000 г. и посвящённой памяти Ю.А. Гольфанда. Я решил снова записать то, что ещё помню.

В декабре 1950 г. я закончил учёбу в Московском государственном университете, получил диплом физика-теоретика и в начале февраля 1951 г. был направлен на работу в ФИАН — Физический институт Академии наук. Меня зачислили в штат Эталонной лаборатории. В этой лаборатории я проработал около шести лет. Название лаборатории никак не говорило о том, чем именно там занимаются. Это было время сплошной секретности. Эталонная лаборатория была создана для проектирования и строительства ускорителей — сложных сооружений, разгоняющих заряженные частицы до высоких энергий. Это была одна сторона деятельности лаборатории. На построенных и запущенных ускорителях проводились исследования взаимодействия гамма-квантов с элементарными частицами и атомными ядрами. Лабораторию возглавлял Владимир Иосифович Векслер, замечательный человек, обладавший

и тонкой интуицией исследователя, и большими знаниями в физике высоких энергий, и яркой фантазией — правда, фантастическими его предложения казались только вначале, а потом оказывалось, что они вполне осуществимы.

Как физику-теоретика мне поручали решать задачи, нужные для Эталонной лаборатории. Помню, первая моя работа была посвящена учету остаточного газа в камере ускорителя и влиянию остаточного газа на потери ускоряемых частиц. Ускоряемые частицы рассеивались на молекулах остаточного газа, и поэтому некоторая их часть выбывала из режима ускорения. Надо было оценить потерю. После того, как я эту работу закончил, Владимир Иосифович Векслер поручил мне расчёт толстостенной ионизационной камеры. Эту камеру предполагалось поместить в пучок тормозных квантов и по возникающему в ней току определять полную интенсивность тормозного излучения. Калибровка пучка тормозных квантов была важна для экспериментаторов, которые занимались фотоядерными реакциями. Когда я эту работу выполнил, мне была дана следующая задача. Работать мне было очень интересно, по ходу дела я общался со многими замечательными людьми, обсуждения возникающих проблем были для меня и полезны и поучительны.

Но, занятый задачами, которые были хотя и важны для лаборатории, всё же имели частное значение, я старался следить и за новостями, так сказать, в высокой теоретической физике. В ФИАНе для этого были все возможности. Когда академик Сергей Иванович Вавилов создавал Физический институт, он предусмотрел и создание Теоретического отдела. Заведование отделом по приглашению С.И. Вавилова взял на себя Игорь Евгеньевич Тамм, один из выдающихся физиков XX века. Это было в 1934 г. В первые годы своего существования Теоретический отдел насчитывал немного сотрудников. Но после Великой Отечественной войны Отдел стал пополняться молодежью. В начале пятидесятых годов в Теоретическом отделе работали: Игорь Евгеньевич Тамм, Евгений Львович Фейнберг, Виталий Лазаревич Гинзбург, Семен Захарович Беленький. Это было, так сказать, старшее поколение. Молодежь пришла в Отдел в конце 40-х—начале 50-х годов. Это были Гелий Фролович Жарков, Виктор Павлович Силин, Дмит-

рий Сергеевич Чернавский, Ефим Самойлович Фрадкин, Владимир Яковлевич Файнберг, Юрий Кузьмич Хохлов. Андрей Дмитриевич Сахаров был зачислен в Отдел после защиты кандидатской диссертации в 1948 г., но вскоре по воле большого начальства был командирован в секретный институт, где велись работы по созданию водородной бомбы. Вскоре туда же был командирован Игорь Евгеньевич Тамм.

Семинар Теоретического отдела и был для меня тем местом, где я приобщался к высокой теоретической физике. Там я и познакомился с Юрием Абрамовичем Гольфандом. Он был зачислен в Теоретический отдел в 1951 г. не как физик, а как математик, для выполнения расчётов, связанных с созданием ядерного оружия. Но Юрий Абрамович исправно посещал семинар Отдела, не пропускал ни одного заседания, хотя семинар был посвящён не математике, а теоретической физике. Он с явным интересом слушал доклады на семинаре. Вопросов он тогда не задавал. Он учился.

Это был приветливый человек. Он очень приветливо здоровался. Есть люди, которые здороваются на бегу, не останавливаясь — «Привет!», кивнул и побежал дальше. Юрий Абрамович, увидев знакомого, улыбался мягкой улыбкой, останавливался, протягивал руку и неторопливо говорил: «Здравствуйте!» Если он и спешил куда-то, то он спешные свои дела откладывал, чтобы обменяться парой слов с собеседником. Мне было приятно его внимание.

Ю.А. Гольфанд тогда не имел своего жилья в Москве. Когда он поступал на работу в ФИАН, Игорь Евгеньевич Тамм выхлопотал ему комнату в общежитии Московского инженерно-физического института (МИФИ). Там и жил Ю.А. Гольфанд с женой и двумя детьми. Не очень удобное жильё, но другого не было. Время от времени администрация МИФИ вспоминала, что в общежитии занимает комнату человек, который никакого отношения к институту не имеет. Тогда Гольфанда и его семью начинали выселять из общежития. Игорю Евгеньевичу каждый раз приходилось спасать своего сотрудника. Тамм обращался к руководству МИФИ с просьбой продлить срок пребывания Гольфанда в общежитии. Операция по спасению проходила успешно, потому что Игоря Евгеньевича в МИФИ

уважали и высоко ценили. Он в течение ряда лет возглавлял в МИФИ кафедру теоретической физики, которую он же и создал. Гольфанда оставляли в покое, разговоры о выселении прекращались, но проходил год, и всё начиналось сначала.

Семинар Теоретического отдела собирался по вторникам. До конца 1953 г. Игоря Евгеньевича Тамма мы, как правило, на семинаре не видели. Он лишь изредка приезжал в Москву, и каждое его появление на семинаре было праздником для участников. После успешного испытания первой советской водородной бомбы Игорь Евгеньевич Тамм возвратился в Москву. Андрей Дмитриевич Сахаров ещё в течение многих лет оставался «на объекте» — так называли закрытый институт, где велись работы по ядерной тематике.

После возвращения И.Е.Тамма в Москву в Теоретическом отделе быстрыми темпами начали развиваться работы по квантовой теории поля. Игорь Евгеньевич организовал «ликбез». Слово «ликбез» представляет собой сокращение двух слов: «ликвидация безграмотности». Так назывались кружки, в которых неграмотные люди обучались читать и писать. «Ликбез», организованный Игорем Евгеньевичем, имел целью выйти в квантовой теории поля на мировой уровень и затем двигаться дальше, вровень с мировой наукой. На занятия по «ликбезу» ходили многие теоретики, в том числе и Ю.А. Гольфанд. Все участники занятий делали доклады по очереди. Гольфанду тоже была дана тема для доклада. Помню, когда наступила очередь Ю.А. Гольфанда, Игорь Евгеньевич в середине доклада задал ему вопрос — не помню уже ни темы доклада, ни вопроса. Гольфанд не ответил по существу, а сказал благодушно: «Игорь Евгеньевич, это же понятно». Игорь Евгеньевич скороговоркой (он и так говорил быстро, а когда сердился, начинал говорить ещё быстрее) сказал:

— Юрий Абрамович, мне это непонятно, пожалуйста, объясните.

Гольфанд не понял опасности и с улыбкой сказал, как бы уговаривая Игоря Евгеньевича:

— Ну, это же ясно.

И тогда Игорь Евгеньевич взорвался. Он встал со своего места и произнёс всё той же скороговоркой:

— Старший научный сотрудник Гольфанд, вы не подготовили доклад, я лишаю вас слова. Прошу вас подготовиться к следующему разу.

Не бывает глупых вопросов, бывают глупые ответы.

На следующем занятии Юрий Абрамович доложил вполне удовлетворительно и на все вопросы отвечал исчерпывающим образом. Игорь Евгеньевич был доволен.

Наступил день, когда ликбез закончился. И на ближайшем вторичном семинаре Игорь Евгеньевич вышел к доске и объявил: Есть задачи, нужны добровольцы! Речь шла о расчёте некоторых ядерных процессов по методу Тамма-Данкова. Желание заняться этой тематикой изъявили несколько человек, в том числе В.П. Силин и В.Я. Файнберг. В числе добровольцев оказался и Ю.А. Гольфанд. Так математик Ю.А. Гольфанд вступил на путь физика-теоретика. До этого он занимался чистой математикой. Сотрудники, работавшие в атомном проекте, передавали ему уравнения, и он отыскивал их решения, не зная, о каком процессе идёт речь, к какой проблеме относятся переданные ему формулы и что означают входящие в них символы. Его это и не интересовало. Но с некоторого момента он заинтересовался теоретической физикой, причём одним из самых трудных её разделов — квантовой теорией поля. Произошло это, несомненно, под влиянием Игоря Евгеньевича Тамма. Его энтузиазм и дух творческого поиска заразительно действовали на многих, не только на Гольфанда.

В 1956 г. я перешёл из Эталонной лаборатории в Теоретический отдел. Мы стали чаще видеться с Гольфандом. Знакомство наше перешло в сотрудничество: мы взялись переводить на русский язык двухтомную книгу Г. Бете и Ф. де Гофмана «Мезоны и поля». Мы переводили второй том. Мы — это Ю.А. Гольфанд, А.И. Лебедев и я. Редактором перевода был И.Е. Тамм. Я тогда часто виделся с Юрием Абрамовичем, мы обсуждали различные трудности, которые встречались при переводе у него и у меня. Побывал я тогда и у него дома — в общежитии МИФИ. Гольфанд с женой и двумя детьми — мальчиком и девочкой — жил в довольно большой комнате, которая была и кабинетом, и кухней, и детской комнатой, и спальней. Юрий Абрамович познакомил меня со своей женой Саррой Яковлевной Коган, симпатичной, спокойной и заботливой жен-

щиной, тоже математиком по образованию и тоже кандидатом наук. Это была дружная семья. Во всяком случае, такое у меня осталось впечатление после нескольких визитов к ним.

В 1959 г. мы вместе с Юрием Абрамовичем приняли участие в симпозиуме по теоретической физике, который был организован в Ереване. Ю.А. Гольфанд был приглашен на этот симпозиум уже как физик, а не как математик. Вместе мы летели самолётом из Москвы в Ереван и обратно. Я в тот раз впервые летел на самолете. Полёт в Ереван начался с забавного случая.

В то время на линии Москва–Ереван летали самолеты ИЛ-12. Это были небольшие двухмоторные винтовые самолеты, небольшие по сравнению с теми реактивными лайнерами, которые перевозят пассажиров сейчас, более сорока лет спустя. При взлёте и посадке, а иногда и в полёте самолёты того времени сильно трясло, бросало из стороны в сторону, некоторых пассажиров от тряски тошнило. На этот случай каждому полагался пакет из плотной бумаги. Пакет помещался в большом кармане, расположенном на спинке впереди стоящего сидения. Мы с Юрием Абрамовичем сидели рядом. Для меня это был первый полёт, я перед взлётом то и дело поглядывал на свой пакет и думал, понадобится он мне или не понадобится. И вдруг Юрий Абрамович обратился ко мне: «Боря, дайте мне, пожалуйста ваш пакет».

Я поглядел на спинку сидения, расположенного перед креслом Юрия Абрамовича, и увидел, что там в кармане не было пакета. Я тогда подумал: вот, Юрию Абрамовичу не досталось пакета, он просит дать ему мой пакет, а как же мне быть, если меня тоже начнет мутить при взлёте? Но, тем не менее, я тут же вытащил свой пакет из расположенного впереди кармана и передал его Юрию Абрамовичу. Тот снял с ноги ботинок, засунул его в мой пакет, а пакет положил под свое кресло. Ботинок с другой ноги уже лежал под креслом, засунутый в другой пакет. Сняв ботинки, Юрий Абрамович вытянул ноги и блаженно улыбнулся. Все мои опасения тут же исчезли, я легко перенёс и взлёт и посадку, хотя тряска была немалая. Много лет спустя я узнал, что в годы войны Юрий Абрамович был аэродромным техником на армейских аэродромах, при-

шлось ему и полетать, и на земле поработать с военными самолетами. В Ереване нас с Юрием Абрамовичем поместили в один двухместный номер. Жили мы, можно сказать, душа в душу. Юрий Абрамович был добродушным, внимательным и заботливым соседом.

Встречаясь с Юрием Абрамовичем, я довольно скоро понял, что его приветливость и внимание к людям были не показными качествами. Когда я приходил к нему с вопросом, неважно каким — по переводу книги или по работе, — он немедленно бросал свои дела, может быть, более важные, чем мои, и начинал обсуждать мои трудности. Он расспрашивал меня о деталях, выяснял подробности, и если разговор наш не приводил к решению, он продолжал размышлять над заданным ему вопросом и при следующей встрече сам возвращался к обсуждению этого вопроса, не жалея времени.

Как уже было сказано, положение семьи в общежитии МИФИ было непрочным. ФИАН время от времени получал квартиры для своих сотрудников, и Юрий Абрамович был поставлен на очередь в институте. Очередь двигалась довольно медленно, но всё же двигалась, и наступил такой день, когда Юрий Абрамович оказался первым на получение квартиры. Но в ближайшее распределение он ничего не получил, а квартира была предоставлена человеку, который был даже не вторым и не третьим в очереди. Тогда Игорь Евгеньевич Тамм отправился в директору ФИАНа академику Д.В. Скобельцыну и обратил его внимание на то, что в институте имеется непорядок с распределением жилья. Скобельцын обещал проследить за тем, чтобы очередь соблюдалась. Однако Юрий Абрамович не получил квартиры и в следующий раз. И почти сразу после этого началась очередная попытка вытеснения Гольфанда из общежития МИФИ. Игорь Евгеньевич заинтересовался, как обстоят дела с предоставлением Гольфанду квартиры. Узнав, что Юрия Абрамовича опять обошли, Игорь Евгеньевич разгневался и снова пошел к директору института. Говорил он со Скобельцыным довольно резко и закончил так:

— Если в первое же распределение Гольфанд не получит квартиры, я вам, Дмитрий Владимирович, руки не подам.



Думаю, что Скобельцын до этого разговора с Таммом ничего не знал о том, что происходило в жилищной комиссии ФИАНа. Узнав же об этом от такого уважаемого человека, как Игорь Евгеньевич, он заставил жилищную комиссию соблюдать очерёдность. В следующее распределение жилья Ю.А. Гольфанд получил квартиру.

В Теоретическом отделе Ю.А. Гольфанд довольно скоро стал признанным специалистом по квантовой теории поля. Я помню горячие многочасовые обсуждения новых работ по квантовой электродинамике, по методу Тамма—Данкова, по дисперсионным соотношениям, по формализму Редже, по «Московскому нулю» — по всему тому новому, что требовалось осмыслить, принять или отвергнуть. В Отделе к тому времени стало тесно, не хватало места, спорщики собирались у доски в той комнате, где было меньше народа.

В обсуждениях принимали участие Ефим Самойлович Фрадкин, Виктор Павлович Силин, Владимир Яковлевич Файнберг, Юрий Абрамович Гольфанд.

Ефим Фрадкин говорил горячо и темпераментно. Выказавшись, он замолкал, чтобы выслушать возражения. Слушая возражения, он пытался прервать оппонента, отобрать у него мел, но это было трудно, почти невозможно. Поэтому, оставив свои попытки, он выслушивал то, с чем был не согласен, но время от времени всё же восклицал: — Уровень!

Это восклицание означало, что он считает уровень развития своего оппонента необычайно низким. Вообще, обсуждение у доски было очень интересным, содержательным и красочным, не в последнюю очередь благодаря применявшимся полемическим приемам. Витя Силин, если кто-то из высоких договаривающихся сторон был с ним не согласен, обращался к несогласному с призывом: — Разуй глаза! Или, если это не помогало, говорил мрачно: — Долдон!

Что такое (или кто такой) долдон, я не знал и не знаю, но судя по ходу обсуждения, я понимал, что долдон — это тёмный человек, не знакомый с азами квантовой электродинамики.

Володя Файнберг выражал свое несогласие возгласом: — Не тянешь!

Тем самым собеседник уподоблялся неисправному паровозу, который должен тянуть состав, но не тянет.

Юрий Абрамович слушал по большей части молча. Вежливость мешала ему прервать очередного оратора. Он терпеливо слушал и ждал того момента, когда появится возможность вставить слово. Но возможность такая не часто выпадала на его долю. Всё же временами он терял терпение и комментировал происходящее. Он с выражением комического ужаса на лице произносил только одно слово: — Жуть!

Иногда он употреблял более многословный вариант этого высказывания: — Жуть с ружьем!

Что это означало, я не могу тебе объяснить, дорогой читатель. Ещё он иногда говорил в споре: — А вы, однако, гусь! И тут же уточнял: — Гузь! Причём ясно произносил букву «з». Что означало слово «гузь», могу только догадываться.

Бывало и так, что Юрий Абрамович, не имея возможности высказаться самому (т.е. не имея возможности перебить очередного оратора), внимательно слушал и время от времени произносил только одно слово: — Фантастика!

Не подумайте, что он таким образом выражал свое восхищение тем, что слышал. Скорей, наоборот. Ему очень нравился анекдот про двух физиков-теоретиков, А и Б. Они встречаются, и А спрашивает у Б, чем тот в настоящее время занимается. Б начинает рассказывать, другой слушает и время от времени восклицает: — Фантастика! Рассказав о своей работе Б, в свою очередь спрашивает:

— А у вас что нового?

— Да у нас почти ничего нет нового. Вот разве только недавно выступал у нас на семинаре специалист по научной терминологии. Так он сказал, что нехорошо употреблять выражение «чушь собачья!», лучше говорить: «Фантастика!»

Вот в таком смысле Юрий Абрамович и употреблял слово «Фантастика».

Мы с ним обращались друг к другу на «вы». Правда, он меня с самого начала звал «Боря», а я его — «Юрий Абрамович». Всё же он был старше меня на шесть лет. Только в последние годы, перед его отъездом в Израиль я стал называть его Юра. Но всё равно, мы оставались на «вы».

Шло время, и Юрий Абрамович становился всё более известен как один из признанных специалистов в области теории поля. Его работы знали и ценили теоретики в Институте физических проблем, в Институте теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ), в Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне. У нас в Теоретическом отделе отношение к нему у разных людей было разное. Игорь Евгеньевич Тамм хорошо к нему относился, интересовался его работой и нередко привлекал его к обсуждению своих результатов, а также возникающих в работе затруднений. На словах, правда, Игорь Евгеньевич иногда сетовал, что вот взял он Гольфанда в Отдел как математика, а тот стал физиком-теоретиком, и от этого математическое обеспечение Отдела несёт урон. Но видно было, что Тамму на самом деле превращение математика в физика скорее нравилось, чем не нравилось, поскольку это «сворачивание» произошло под прямым его воздействием.

Заметим, кстати, что со временем в мировой науке (и у нас в отделе) грань между аналитическими и численными расчётами оказалась сильно размытой. К этому привело развитие персональных компьютеров. Теперь стало скорее правилом, чем исключением, что сотрудник, получив аналитические формулы, сам может составить программу, отладить её и провести необходимые вычисления.

В последние годы своей жизни Игорь Евгеньевич увлекся построением квантовой теории поля в кривом импульсном пространстве. Попытка не была успешной. Игорь Евгеньевич работал с большим увлечением и потратил на разработку этой проблемы много сил, но и сам понимал, что успеха может и не быть, и был готов к этому. Когда Академия наук присудила И.Е. Тамму Золотую медаль имени М.В. Ломоносова за 1967 год, он как раз занимался теорией поля в кривом импульсном пространстве. По традиции вручение медали происходило на торжественном общем собрании Академии наук. После вручения награжденный должен был прочитать лекцию о своих работах. Игорь Евгеньевич был в то время тяжело болен и не мог присутствовать на процедуре вручения, но он написал свой доклад, и по просьбе И.Е. Тамма его ученик Андрей Дмитриевич Сахаров зачитал этот доклад на общем собрании

Академии наук. В этом докладе много места было уделено тому, чем И.Е. Тамм в то время занимался — теории поля в кривом импульсном пространстве. Игорь Евгеньевич отметил в своём докладе, что гипотеза о кривом импульсном пространстве впервые была высказана американским теоретиком Г. Снайдером. Он также сказал:

«Помимо двух публикаций самого Снайдера, его гипотезе были, насколько мне известно, посвящены лишь работы в очень малораспространённом издании одного американского университета и работы двух наших теоретиков — Ю.А. Гольфанда и В.Г. Кадышевского. Я им очень обязан, ибо они привлекли моё внимание к гипотезе Снайдера».

Действительно, Ю.А. Гольфанд опубликовал две работы, посвящённые развитию гипотезы Снайдера. И.Е. Тамм ссылался на эти работы, которые в немалой степени пробудили его интерес ко всему кругу проблем, связанных с рассмотрением кривого импульсного пространства.

Однако были в Теоретическом отделе и такие сотрудники, которые не считали Ю.А. Гольфанда физиком. К их числу относился и Виталий Лазаревич Гинзбург, выдающийся физик-теоретик, который внёс важные вклады во многие разделы физической науки. Почему он не считал Ю.А. Гольфанда физиком, я в точности не знаю, но могу предположить.

Современная квантовая теория поля базируется на очень абстрактном и сложном математическом аппарате, включающем такие разделы современной математики, как теория групп, теория представлений, теория функциональных пространств, операторная алгебра, операторный анализ и много чего ещё. Человек, не владеющий этим аппаратом, может и не увидеть физики за густым лесом сложных математических приёмов. В.Л. Гинзбург не считал нужным разбираться в этой математике. Возможно, он полагал, что для понимания физических явлений хватает и более простых методов, а, может быть, этот раздел теоретической физики был ему не так интересен. Действительно, он с успехом работал во многих областях, но не в квантовой теории поля — этим разделом физической науки он, можно сказать, не занимался. Кроме того, он знал Гольфанда как чистого математика — таковым

Юрий Абрамович действительно и был, когда пришёл в Отдел. Но высокая квалификация математика в сочетании с интересом к физическому содержанию теории поля помогли Ю.А. Гольфанду быстро войти в круг проблем квантовой теории поля. Когда он уже приобрёл имя как физик, а не как математик, произошел такой случай. На одном из семинаров Теоретического отдела (семинары эти происходили по вторникам под руководством И.Е. Тамма) В.Л. Гинзбург рассказал незадолго до того опубликованную работу Ф. Дайсона по физике твёрдого тела (если не ошибаюсь, в работе речь шла о ферромагнетизме). Закончил Виталий Лазаревич такими словами:

— Дайсон известен как автор ряда работ по основным проблемам квантовой теории поля. И вот, вы видите, он сделал прекрасную работу ещё и по физике твёрдого тела.

Ю.А. Гольфанд на это сказал:

— Я не понимаю, Виталий Лазаревич, чем уж так хороша эта работа.

Юрий Абрамович ждал разъяснений.

— Вы не понимаете, потому что вы не физик, — ответил В.Л. Гинзбург.

Гольфанд на это ничего не сказал. Но что-то случилось после этого семинара: может быть, Игорь Евгеньевич сказал В.Л.Гинзбургу, что так отвечать на семинаре не следует, а может быть, В.Л.Гинзбург самостоятельно пришёл к тому же мнению, но, так или иначе, в самом начале следующего семинара В.Л.Гинзбург вышел вперёд и, стоя у доски лицом к участникам, сказал:

— Я приношу извинения Юрию Абрамовичу Гольфанду за свои слова, сказанные на прошлом заседании семинара.

После этих слов лицо его покраснело, пальцы сжались в кулаки, и он произнес:

— Извиняюсь и извиняюсь, и больше ничего добавить не могу.

Гольфанд со своего места тихо, но внятно сказал:

— А больше ничего и не надо, Виталий Лазаревич.

Я видел, что В.Л.Гинзбургу стоило большого труда сдержаться. Не знаю, когда возникла эта взаимная неприязнь, но в этом эпизоде она, по-моему, ясно проявилась. Вероятно, причина этой неприязни, с одной стороны, объясня-

ется тем уже упомянутым обстоятельством, что В.Л. Гинзбург не считал Ю.А. Гольфанда физиком. С другой стороны, Гольфанд не выносил пренебрежительного к себе отношения, и когда оно проявлялось, недвусмысленно на это реагировал, иногда довольно резко. Его характер не назовёшь ангельским.

Уместно здесь отметить, что Ю.А. Гольфанд начинал своё высшее образование не как математик, а как физик. В 1939 г. он поступил на первый курс физического факультета Харьковского университета. Война заставила его прервать учебу — он был призван в армию. После войны он продолжил образование на математическом факультете Ленинградского университета и окончил университет, получив диплом математика. Так что, если он и был по диплому математиком, то математиком с физической затравкой.

В 1969 г. в Теоретический отдел после почти двадцатилетнего отсутствия вернулся Андрей Дмитриевич Сахаров. С одной стороны, он был в то время в зените славы — академик, «отец» советской водородной бомбы, обладатель высших государственных наград. Но, в то же время, он уже был «персоной нон грата», он был отстранен от работы в том секретном институте, где столь успешно проработал почти двадцать лет, и И.Е. Тамму, его учителю, пришлось приложить немало усилий, чтобы А.Д. Сахаров смог вернуться в Теоретический отдел ФИАНа.

У Сахарова с Гольфандом установились хорошие отношения. А.Д. Сахаров охотно и подолгу обсуждал с Ю.А. Гольфандом интересные для них обоих проблемы квантовой теории поля. Мнение Гольфанда А.Д. Сахаров высоко ценил. В свою очередь, Юрий Абрамович с восхищением относился к А.Д. Сахарову, к его достижениям в физике и к его чисто человеческим качествам. А.Д. Сахаров был безукоризненно вежливым, приветливым и доброжелательным человеком, и это Гольфанду тоже очень нравилось. Юрий Абрамович также очень сочувственно относился к правозащитной деятельности А.Д. Сахарова.

Однажды после вторичного семинара, когда большинство участников разошлось, несколько человек остались в конференц-зале, окружили А.Д. Сахарова и стали его расспрашивать, желая узнать его мнение о положении в

стране. Андрей Дмитриевич разговорился и, в частности, рассказал, что недавно был арестован один математик за то, что при обыске у того нашли несколько запрещенных книг, и что он написал письмо, адресованное властям, в защиту арестованного, и прочитал это письмо вслух. Обратившись к своим слушателям, Андрей Дмитриевич сказал:

— Как видите письмо очень сдержанное, оно преследует только одну цель — облегчить участь человека, который не совершил никакого преступления. Может быть, кто-то из вас подпишет это письмо вместе со мной?

Гольфанд был в числе слушателей и подписал это письмо. Вместе с ним письмо подписали также Давид Киржниц и, если не ошибаюсь, Рената Каллош — всего трое сотрудников нашего отдела. Для Гольфанда это был первый шаг в его правозащитной деятельности.

Видимых последствий этот поступок не имел. Однако можно не сомневаться в том, что компетентные органы взяли этот случай на заметку, тем более, что это письмо было прочитано в передаче радиостанции «Голос Америки», и при этом были объявлены фамилии подписавших. Заведующий Теоретическим отделом Игорь Евгеньевич Тамм был в то время уже тяжело болен. Узнав, что несколько сотрудников Отдела вместе с Сахаровым подписали правозащитное письмо, он специально поговорил об этом случае с Андреем Дмитриевичем. Разговор произошел на квартире И.Е. Тамма, когда Андрей Дмитриевич навещал его. Игорь Евгеньевич рассказывал мне об этом разговоре. Он сказал А.Д. Сахарову:

— Андрей Дмитриевич, Вы взрослый человек, занимающий достаточно высокое положение, я с уважением отношусь к Вашим взглядам и не буду вам давать советы, как поступать в тех или иных случаях, Вы сам несёте ответственность за свои действия. Но сотрудники Отдела, которые вместе с Вами подписали письмо, могут попасть в очень тяжёлое положение. Никто не будет с ними считаться, как с Вами. Кроме того, наказание может постигнуть не только их, но и весь наш Отдел: начнут говорить, что Теоретический отдел является базой для политической деятельности академика Сахарова, со всеми вытекающими отсюда последствиями. Я Вас прошу это всё учитывать.

Аналогичный разговор с А.Д. Сахаровым имел и В.Л. Гинзбург, который был заместителем И.Е. Тамма по Теоретическому отделу.

Андрей Дмитриевич отнёсся к этим словам с полным пониманием и обещал больше не давать повода для тревоги за судьбу Отдела. Больше он ни разу не предлагал сотрудникам Отдела подписать какое-либо из многочисленных своих писем в защиту людей, которых власть противоправно преследовала. И всё же он был признателен Ю.А. Гольфанду, поставившему свою подпись под одним из таких писем.

На рубеже 60-х и 70-х годов Юрий Абрамович заинтересовался одной проблемой, которая вначале представлялась больше математической, чем физической. Однако в дальнейшем оказалось, что решение этой проблемы внесло в квантовую теорию поля вклад первостепенной важности.

У элементарных частиц имеется собственный момент количества движения — спин. И в зависимости от того, каким спином они обладают — целым или полуцелым, — элементарные частицы разделяются на два класса. Например, электрон — частица с полуцелым спином, спин электрона равен  $h/2$  — половине постоянной Планка  $h$ . Фотон — частица с целым спином, спин фотона равен  $h$ . Поведение частиц с полуцелым спином во многих отношениях отличается от поведения частиц с целым спином. В частности, два электрона не могут находиться в одном и том же квантовом состоянии. Такого запрета нет для частиц с целым спином. В одном и том же квантовом состоянии может находиться любое число фотонов. Эта возможность реализуется в работе лазеров — приборов, дающих мощные пучки тождественных квантов света. Частицы с полуцелым спином ещё называются ферми-частицами, по имени итальянского физика Ферми, который рассмотрел особенности их поведения. Частицы с целым спином называют также бозе-частицами, по имени индийского физика Бозе.

Ю.А. Гольфанд задался целью создать такую теоретическую схему, в которой частицы с целым и с полуцелым спином могли бы рассматриваться в рамках единого подхода, с помощью единого математического формализма. В чисто математическом отношении речь шла о расширении



некоторой группы преобразований. Юрию Абрамовичу эта проблема была знакома, его кандидатская диссертация была посвящена вопросам, связанным с расширением групп.

В 1970 г. в аспирантуру Теоретического отдела пришёл выпускник Московского университета Евгений Пинхасович Лихтман, молодой, талантливый и образованный физик-теоретик. Юрий Абрамович стал его научным руководителем. И они вместе взялись за решение этой задачи. За несколько лет они опубликовали несколько статей, в которых содержалось решение поставленной задачи. Ферми-частицы и бозе-частицы, несмотря на все их различия, стало возможно рассматривать как члены единого семейства, причём волновые функции ферми- и бозе-частиц оказались связанными между собой. Это единое понимание явилось большим достижением. Мне видится здесь аналогия с теми изменениями в представлении о времени и пространстве, которые произвело появление теории относительности. До неё время и пространство считались независимыми переменными при описании события. Но теория относительности показала, что время и пространство неразрывно связаны между собой. Допустим, что в некоторой системе отсчёта произошло событие в точке с координатами  $\{x, y, z\}$  и в момент времени  $\{t\}$ . Перейдём в другую систему отсчёта, вообще говоря, движущуюся относительно первой, и посмотрим, как изменились при этом время и координаты рассматриваемого события. Оказывается, что в новой системе момент времени, когда произошло событие, уже зависит не только от времени, измеренного в старой системе отсчёта, но и от пространственных координат в старой системе. Также и пространственные координаты события в новой системе отсчёта зависят не только от положения, но и от времени события в старой системе отсчёта. Теория относительности показала, что время и пространство связаны между собой. Так и бозе-частицы и ферми-частицы считались двумя совершенно различными классами частиц, а работы Гольфанда и Лихтмана объединили эти два семейства в одно.

Однако эти статьи в то время не привлекли особого внимания, и всё значение проделанной работы в первые годы после опубликования не было осознано. Впоследствии эта

связь между ферми- и бозе-частицами, найденная Ю.А. Гольфандом и Е.П. Лихтманом, получила название суперсимметрии.

В апреле 1971 г. после продолжительной болезни умер Игорь Евгеньевич Тамм. После него заведовать Теоретическим отделом стал Виталий Лазаревич Гинзбург. Для Гольфанда этот факт не предвещал ничего хорошего. Отношения с В.Л. Гинзбургом, как уже было сказано, у Гольфанда не сложились.

Осенью 1973 г. в Теоретический отдел пришёл приказ дирекции о сокращении штатов. Приказ требовал уволить несколько сотрудников по усмотрению руководства Отдела, так, чтобы сократить фонд зарплаты на определённую денежную сумму. Эта сумма была указана и была она достаточно велика. Чтобы выполнить приказ о сокращении, недостаточно было уволить одного сотрудника, требовалось освободить от работы сразу нескольких человек.

На моей памяти это был не первый указ о сокращении. Один или два таких приказа были спущены в Отдел из дирекции института ещё при жизни Игоря Евгеньевича Тамма. Помню, когда пришёл в Отдел первый такой приказ, я впервые стал сомневаться в том, что советская плановая система предусматривает абсолютно всё и исключает всякие случайности, в отличие от капиталистической системы, которая, как нас учили, никак не планируется, отчего в капиталистическом мире возникают экономические кризисы. Я не мог понять, зачем брать на работу специалиста высокой квалификации, чтобы через несколько лет его уволить по сокращению штатов.

Как правило, приказы о сокращении штатов содержали лицемерные фразы вроде следующих: «Для дальнейшего улучшения научной работы провести аттестацию сотрудников и укрепить научный коллектив с тем, чтобы фонд заработной платы при этом сократился на столько-то рублей».

Игорь Евгеньевич Тамм к таким приказам относился спокойно. Я видел на одном таком приказе о сокращении резолюцию, написанную рукой Игоря Евгеньевича: «Не вижу возможности выполнить». Он это написал и отправил приказ обратно в дирекцию. Он полагал, что если сотрудник плохо работает, то надо его уволить, не дожидая-

ясь никакого приказа о сокращении. Один или два раза он так и сделал. Если же Игорь Евгеньевич был удовлетворен работой сотрудников, он никого из них не давал уволить, несмотря на приказ о сокращении.

Новый заведующий Отделом, Виталий Лазаревич Гинзбург, решил выполнить приказ о сокращении. Было созвано совещание руководящих сотрудников Отдела (зав. Отделом, его заместители, заведующие секторами). На этом совещании и было решено, кого из сотрудников следует сократить. Таких сотрудников оказалось трое: старейшая сотрудница Отдела Лидия Викторовна Парийская, молодой сотрудник Владимир Володин и Юрий Абрамович Гольфанд. Лидия Викторовна Парийская была расчётчицей ещё в те времена, когда единственным подспорьем при вычислениях был арифмометр «Феликс». Это устройство надо было приводить в действие от руки, вращая ручку, как в мясорубке. Острословы называли это устройство «железный Феликс», правда, такое название они произносили шёпотом и с оглядкой, потому что так старые коммунисты уважительно звали Феликса Эдмундовича Дзержинского. Потом на смену ручному арифмометру пришли механические арифмометры. В отличие от отечественного «Феликса», это были зарубежные машины — «Мерседес» и «Рейнметалл». Работали они очень шумно, и в комнате, где сидела Лидия Викторовна, стоял грохот такой, что он был слышен и в коридоре. Но этот грохот не отпугивал клиентов Лидии Викторовны — И.Е. Тамма, Ю.А. Романова, А.Д. Сахарова, В.И. Ритуса и многих других. Они приносили Лидии Викторовне многоэтажные формулы, и она по этим формулам составляла таблицы и графики. Лидия Викторовна отличалась добросовестной работой, безошибочной и быстрой, настолько, насколько можно было быстро работать на такой, ныне уже допотопной, технике. Я никаких заказов Лидии Викторовне не давал, но, тем не менее, часто заходил к ней, чтобы просто поговорить — обсудить отделские дела и просто, как говорят, почесать языки. С ней дружили Д.А. Киржниц, В.И. Ритус и многие сотрудники Отдела.

Лидия Викторовна была уже в том возрасте, когда люди выходят на пенсию. Её освободили от работы по сокращению штатов, но за ней было оставлено её рабочее место.

Она по-прежнему могла работать, как и до сокращения. Материально она несколько теряла в результате сокращения, потому что переходила на пенсию, а пенсия была меньше, чем зарплата. Но это не имело для неё решающего значения, потому что ее муж, известный астроном Николай Николаевич Парийский, зарабатывал достаточно для того, чтобы семья не испытывала нужды.

Владимира Володина освободили от работы в Теоретическом Отделе, но перевели в Отдел вычислительных устройств ФИАН, так что он остался в институте и не потерял в зарплате.

Самая тяжелая участь постигла Юрия Абрамовича Гольфанда. Было решено уволить его по сокращению штатов. Это решение обеспечило Юрию Абрамовичу семь лет безработицы. Семь лет, в течение которых специалист высочайшей квалификации не мог заниматься своим прямым делом, а вынужден был хвататься за любую работу — эти семь лет были тяжелейшим испытанием для Ю.А. Гольфанда и, думаю, большой потерей для науки. Он бы много мог сделать за эти семь лет. Что касается Теоретического отдела, то, я думаю, его историю увольнение Гольфанда не украсило.

Я не занимал никакой руководящей должности в Отделе, был рядовым сотрудником в секторе В.Л. Гинзбурга. Поэтому я не был на собрании, на котором принималось решение о сокращении Ю.А. Гольфанда. В тот день я и в институте не был, болел. Через несколько дней я вышел на работу и узнал о том, какое принято решение. Подробностей я тогда не знал. И никто не знал из тех, кто не был на собрании, где было принято решение. Решение о сокращении не было вывешено на доске объявлений и не было доведено до сведения сотрудников никаким другим способом. Уже значительно позднее я узнал о том, как проходило обсуждение — не всё, но некоторые подробности. Мне об этом рассказал Давид Киржниц, который был участником обсуждения.

Предложение уволить («сократить») Ю.А. Гольфанда было высказано В.Л. Гинзбургом. Он сказал, что Гольфанд был взят на работу как математик, для математического обеспечения работ, проводимых в Отделе. Обязанностей своих он не выполняет, оказался бездельником. Да и

в теоретической физике ничего не совершил. Поэтому есть все основания для его сокращения.

В.Л. Гинзбурга поддержал Евгений Львович Фейнберг. Он согласился с тем, что Гольфанда следует уволить, и добавил, что увольнение — это в данном случае не столько наказание за плохую работу, сколько, наоборот, предоставление Гольфанду возможности получить работу по специальности. Дело в том, что Юрий Абрамович по специальности математик. В настоящее время, сказал Евгений Львович, в московских высших учебных заведениях ощущается большая нехватка квалифицированных преподавателей математики — профессоров и докторов наук. Юрию Абрамовичу не составит большого труда получить должность профессора на кафедре высшей математики в каком-нибудь вузе. И тогда он сможет заниматься близким ему делом.

Я думаю, что Евгений Львович, когда говорил, что Гольфанду будет легко устроиться на новую работу, не представлял себе реального положения дел. Подробнее об этом будет сказано ниже.

Дмитрий Сергеевич Чернавский также одобрил предложение о сокращении Гольфанда. Смысл его высказывания сводился к тому, что Гольфанд является самым слабым сотрудником Отдела и потому подлежит сокращению.

Насколько я знаю, остальные участники совещания молчали.

Никто не выступил против. Давид Киржниц не был близок с Гольфандом. По-видимому, он тоже в то время считал его не физиком, а математиком. Только этим я могу объяснить его молчаливое согласие. Надо сказать, что впоследствии он сожалел о принятом тогда решении и соглашался со мной, когда я говорил, что это решение неправильное. Но я долго не мог понять, почему молчали на собрании Ефим Фрадкин и Володя Файнберг. Они ведь тесно сотрудничали с Гольфандом именно как с физиком, а не как с математиком, они имели представление о его квалификации. Я их об этом спросил (несколько лет спустя) и получил такие ответы.

Ефим Фрадкин сказал, что на совещании он, действительно, молчал и не возражал против сокращения Ю. Гольфанда. Но через несколько дней после совещания он изме-

нил свое мнение и высказался против сокращения. Фрадкин заведовал сектором, в составе которого числился Ю.А. Гольфанд. В этом качестве Ефим Фрадкин должен был завизировать решение о сокращении — написать на бумаге с текстом решения слова: «Согласен.Фрадкин». Без такого согласия решение о сокращении считалось недействительным. Ефим отказался поставить свою подпись под решением о сокращении. Но, тем не менее, Гольфанд все равно был уволен.

Владимир Файнберг молчал и на совещании и после совещания. Он объяснил свое молчание тем, что невозможно было противостоять напору В.Л. Гинзбурга.

Тут я должен сказать, что не знаю, как бы сам поступил, если бы был участником этого злополучного совещания. Действительно, представим себе — вы участник совещания, на нем надо решить, кто именно подлежит сокращению. И легко может так случиться, что вас охватывает страх перед возможным увольнением и вами овладевает мысль: «кого угодно, только не меня!» В таком настроении трудно найти разумное решение.

Следует сказать, что критика в адрес Гольфанда на совещании имела основания. В течение последнего года он, действительно, забросил свои обязанности по математическому обеспечению работ, которые велись в Отделе. Как уже было сказано выше, частично это объяснялось тем, что интересы Юрия Абрамовича переместились в теоретическую физику. Была и другая причина.

В этот последний год Юрий Абрамович ушел из семьи, развелся со своей женой и женился вторично. Любовь часто неподвластна никаким рациональным соображениям, трудно осуждать человека за его поступки, продиктованные вспыхнувшим чувством. Но вряд ли так думали оставленные дети и брошенная жена. Для них крушение семьи было тяжелым испытанием. Да и для самого Юрия Абрамовича и для его новой избранницы все это было связано с мучительными переживаниями.

Понятно, что на служебные дела Юрия Абрамовича семейные потрясения действовали разрушительным образом. Среди участников собрания, которое решало судьбу Гольфанда, были и такие, которые сочувствовали оставленной семье, а Юрия Абрамовича осуждали. Думаю, что

это обстоятельство также повлияло на принятое решение. Замечу, однако, что те, кто наказывал Гольфанда увольнением за брошенную семью, избрали не лучшее решение. По закону, отец после развода должен оказывать денежную помощь бывшей жене, матери своих детей. Но, оказавшись без работы, Гольфанд был лишен возможности помогать своей бывшей семье.

Получилось так, что хотели наказать Юрия Абрамовича, а наказали его детей.

Так или иначе, зимой с 1973 на 1974 год Юрий Абрамович был уволен из Теоретического отдела по сокращению штатов.

Андрей Дмитриевич Сахаров в это время находился в больнице. Его навестили Виталий Лазаревич Гинзбург с Евгением Львовичем Фейнбергом и поставили его в известность о сокращении Гольфанда. Сахаров пишет в своих воспоминаниях:

«Посетили меня и фиановцы — Е.Л. Фейнберг и В.Л. Гинзбург, начальник Теоретического отдела. Гинзбург сказал, что на все академические институты спущена разверстка сокращения штатов.

Теоретическому отделу необходимо сократить свой штат на одного человека. Это очень болезненная операция, но избежать ее невозможно. Мы посоветовались и решили, что таким человеком должен быть Юрий Абрамович (Гольфанд). За последние годы он совсем не выдавал никакой научной продукции, по существу — бездельничал. Вместе с тем он — доктор, и ему легче будет устроиться работать на новое место, чем человеку без докторской степени.

Я спросил, нельзя ли как-то “заволынить”, и получил сухой отрицательный ответ. Сказать же что-либо определенное в защиту Гольфанда я, к сожалению, не сумел. Я не знал, что за несколько месяцев до этого Гольфанд (совместно с Лихтманом) написал и доложил на семинаре ФИАН работу, ставшую классической — в ней впервые была введена суперсимметрия» (Андрей Сахаров. Воспоминания. В двух томах. — М.: Изд-во «Права человека», 1996. Т. 1. С. 570).

Действительно, открытие суперсимметрии было одним из важнейших достижений в физике элементарных частиц.

Вот тебе и «бездельник»!

Приведенный отрывок из воспоминаний А.Д. Сахарова нуждается в уточнении. Ко времени сокращения Ю.А. Гольфанда было уже опубликовано несколько работ Гольфанда и Лихтмана (практически все их основные работы), в которых поставленная задача была решена. Термин «суперсимметрия» для направления, начатого работами Гольфанда и Лихтмана, был введен позднее.

«Заволынить» приказ о сокращении штатов, конечно же, было возможно. «Заволынить» — это значило и не возражать начальству, и не выполнять его распоряжений о сокращении штатов, никого не сокращать. Так поступили руководители многих лабораторий ФИАНа. Некоторые завлабы (завлаб — это сокращение от слов «заведующий лабораторией») открыто отказались провести сокращение. Например, Виктор Павлович Силин, зав. лабораторией теории плазмы, получив приказ о сокращении, написал в дирекцию: «Единственным лицом, которое может быть сокращено без ущерба для работы, являюсь я сам». Никому из таких слушников никакого наказания не последовало. Думаю, что при желании руководство Теоретического отдела могло бы оставить Гольфанда на работе. Желания не было.

Узнав о том, что его увольняют по сокращению штатов, Юрий Абрамович был возмущен и обижен. Он считал это решение несправедливым, да так оно и было. Гольфанд не был слабейшим сотрудником. Я слышал, что после того, как Юрия Абрамовича поставили в известность об увольнении, он при встрече с В.Л. Гинзбургом не подал тому руки. В.Л. Гинзбург расценил это как величайшее оскорбление, хотя мог бы осознать, что своим решением о сокращении штатов Отдел поставил Гольфанда в отчаянное положение. Поступок Ю.А. Гольфанда был скорее формой протеста (как еще он мог протестовать?), а не оскорблением.

Увольнение ставило Ю.А. Гольфанда в очень тяжелое положение. Помню, узнав о его сокращении, я сразу же подумал, что ему будет тяжело найти работу. Но я всё-таки надеялся, что он сможет устроиться. Я не был таким оптимистом, как Евгений Львович Фейнберг, и не думал, что есть такие места, где Юрия Абрамовича ждут с распростер-



тыми объятиями. Но все же я считал, что Гольфанд рано или поздно найдет себе место и сможет прокормить себя и семью. Мнение мое было ошибочным. Юрия Абрамовича никто не взял на работу. Время было такое. Сразу несколько причин определяли такой результат, и трудно сказать, какая из причин была основная, а какие — побочные. И причины эти были очевидные. Нельзя было их не учитывать при сокращении.

Во-первых, человеку, уволенному по сокращению штатов, вообще говоря, очень непросто получить новую работу. Представьте себе, что такой человек приходит, скажем, на ту же кафедру высшей математики какого-либо вуза, где объявлен конкурс на замещение вакантной должности профессора, приходит для того, чтобы предложить свои услуги. Естественно, при первом же разговоре ему придется ответить на вопрос, почему он ушел с предыдущего места работы. Что ему отвечать? Что он уволен по сокращению штатов? Значит, он — слабейший сотрудник или же склочный и неуживчивый человек. От таких избавляются в первую очередь, вот от него и избавились. Брать такого человека на работу очень рискованно, даже если есть острая нужда в работнике.

Но, допустим, что беседа с заведующим кафедрой оставила у того благоприятное впечатление о Гольфанде, его решают взять на работу и направляют в отдел кадров для оформления. Приходит Юрий Абрамович в отдел кадров, заполняет анкету, прикладывает к ней свою трудовую книжку и передает всё кадровику. Тот раскрывает трудовую книжку и видит в ней запись с последнего места работы: «Уволен по сокращению штатов». Кадровики таких записей не любят, зачем брать на работу людей, изгнанных с другой работы? А уж если отдел кадров упрётся, то преодолеть это препятствие очень трудно.

Еще одна причина заключалась в том, что Юрий Абрамович Гольфанд был по национальности еврей. Одно это обстоятельство тогда заключало в себе серьезное препятствие для устройства на работу. К тому времени (начало 70-х годов) отношения Советского Союза с государством Израиль были, мягко говоря, не самые лучшие. Внешняя политика Советского Союза на Ближнем Востоке была проарабская и антиизраильская. Во внутренней жизни Со-

ветского Союза набирала силу шумная борьба с сионизмом. Что такое сионизм, никто толком не знал, утверждалось только, что сионизм — это зловещее учение, направленное против всего передового и прогрессивного человечества. При этом подразумевалось, что поскольку все сионисты — евреи, то и все евреи — сионисты. Поступить еврею на работу было очень трудно — кто отважится взять сотрудника-сиониста?

Была еще одна причина, которая затрудняла устройство еврея на работу. В те годы началась массовая эмиграция советских евреев в Израиль, массовая настолько, насколько это допускали выездные органы. А выездные органы чинили всевозможные препятствия евреям, желающим выехать в Израиль. С точки зрения господствовавшей в Советском Союзе марксистско-ленинской идеологии было непонятно и противоестественно, что человек желает покинуть самое передовое в мире государство рабочих и крестьян и перебраться на жительство в капиталистическую страну, где процветает эксплуатация человека человеком, рабочий класс нищает абсолютно и относительно, а жизнь становится все более и более беспросветной. На самом деле, конечно, такое представление о капиталистических странах не имело ничего общего с действительностью. В капиталистических странах, конечно, были свои проблемы и трудности, но были не менее сложные проблемы и в развитии советского государства. Различие состояло в том, что на Западе возникшие проблемы открыто обсуждались и постепенно решались, трудности преодолевались, а у нас, в Советском Союзе, трудности замалчивались, усугублялись, что и привело в конце концов к падению СССР. Но это все произошло впоследствии, а в то время, о котором идет речь, требовалось какое-то объяснение тому факту, что человек готов бросить свою самую прогрессивную в мире социалистическую родину и перебраться в капиталистический ад. И объяснение нашлось. Раз человек решил уехать из СССР, значит с этим человеком проводилась недостаточная воспитательная работа, он поэтому не понимает, что делает. А за недостаточную работу по идеологическому воспитанию должны нести ответственность те, кто в этом виноват. И если человек, работавший в каком-то

учреждении, подавал заявление на выезд в Израиль, то нередко бывало так, что директор этого учреждения, заведующий отделом кадров и секретарь партийной организации получали партийные взыскания за недостаточную идейно-политическую работу. К чему это приводило? Допустим, что в каком-то учреждении один из сотрудников, еврей по национальности, решил уехать в Израиль и подал документы в выездные органы. Руководство этого учреждения получило свою долю неприятностей за плохую идейно-воспитательную работу. После этого руководители постараются уже не брать еврея на свободное место, а от остальных евреев постараются избавиться, хотя те спокойно работают и никуда не собираются уезжать. Я бы сказал, что эта проработка руководства на деле оказывалась скрытой формой антисемитизма.

В те годы, как правило, если еврей принимал решение уехать в Израиль, он перед тем, как подать документы на выезд, уходил с работы, чтобы никого не подводить на своем предприятии.

И вот Юрий Абрамович Гольфанд начал поиски работы именно в это время. Дело было почти безнадежное: во-первых, еврей, а во-вторых, плохой работник (уволен по сокращению штатов).

И была еще одна причина, которая могла помешать его устройству на работу, хотя и приведенных выше причин более чем достаточно. Уже говорилось о том, что Юрий Абрамович подписал вместе с А.Д. Сахаровым письмо в защиту человека, у которого при обыске нашли запрещенные книги. Этот поступок сделал его неблагонадежным человеком и, вполне возможно, мог затруднить его устройство на работу.

Такие действия не забываются. И даже, может быть, не только и не столько эта подпись могла сыграть свою отрицательную роль, как дружеские отношения, установившиеся между Ю.А. Гольфандом и А.Д. Сахаровым. За Сахаровым велась тщательная и неусыпная слежка. Самого Сахарова до поры до времени не трогали, но всех тех, кто с ним общался, брали на заметку.

Короче говоря, оказался человек без работы, не имея практических шансов где-либо устроиться.

Я в те дни остро переживал создавшееся положение.

Тогда я думал и теперь считаю, что нельзя было таким образом увольнять человека. И дело вовсе не в том, что несправедливо посчитали слабейшим того, кто на самом деле слабейшим не был и ни в чем не уступал никому из остальных. Точнее говоря, это, конечно, было прискорбно, что Гольфанда посчитали слабейшим, но не это было главной бедой. Даже слабейшего нельзя было увольнять так, как это было сделано. Никого нельзя выбрасывать на улицу без средств к существованию.

Довольно быстро весть о том, что Гольфанд сокращен, распространилась в среде физиков, сначала в Москве, а потом и вне Москвы. Реакция физиков была сходной: они сочувствовали Ю.А. Гольфанду и не одобряли его увольнение. Мой друг Павел Юрьевич Бутягин, работавший в Институте химической физики, дружил с Владимиром Борисовичем Берестецким, известным физиком-теоретиком. Берестецкий заведовал Теоретическим отделом в Институте теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ). Бутягин мне рассказал в те дни, что Берестецкий негодовал по поводу сокращения Гольфанда и говорил, что после этого он Гинзбургу руки не подаст. Это была первая реакция Берестецкого, возможно, он потом смягчился, я не знаю. Но, думаю, свое отношение к сокращению Гольфанда он Гинзбургу высказал.

Сотрудник нашего Отдела Александр Викторович Гуревич рассказал мне, как отозвались на сокращение Гольфанда некоторые теоретики, принадлежащие к школе Ландау (в частности, Лев Петрович Питаевский). Они говорили: «Теоретический отдел ФИАНа был для нас образцом человеческих отношений. Когда мы искали выход из трудного положения, мы старались понять, как бы поступили в таком положении сотрудники вашего Отдела. Но как же вы могли сократить Гольфанда? Ничего подобного мы бы никогда не сделали».

Недели через две после того, как стало известно об увольнении Юрия Абрамовича Гольфанда, я шел на работу, и на Ленинском проспекте около ФИАНа встретился с Борисом Лазаревичем Иоффе, физиком-теоретиком из ИТЭФ. Он буквально накинулся на меня со словами: «Что же вы сократили Гольфанда? Вы что, считаете, что он — слабейший? Вы думаете, вы сильнее его?» Мы с

Борисом Иоффе были на «ты», его «вы» относилось не ко мне, а ко всему нашему Отделу. Я пытался как-то оправдаться, говорил, что не считаю Гольфанда слабейшим, что не причастен к решению о его сокращении, но Борис Иоффе кипел от возмущения и ничего не хотел слушать.

Некоторое время спустя после сокращения Гольфанда в Дубне состоялась конференция по физике высоких энергий. От нашего Отдела в конференции приняли участие Евгений Львович Фейнберг и Давид Абрамович Киржниц. Давид мне потом рассказывал, что многие участники конференции выражали ему свое неодобрение по поводу сокращения Ю.А. Гольфанда. Там же, в Дубне, Давид сообщил об этом Евгению Львовичу. Тот сказал: «Давид, нельзя пассивно выслушивать эти упреки. Надо разъяснять, что Гольфанд не физик, а математик, и теперь он сможет найти себе работу по специальности. Это будет нетрудно, в Москве сейчас много профессорских вакансий на кафедрах высшей математики».

Юрий Абрамович начал искать работу. Он обратился в несколько учебных институтов по очереди. Всюду недоставало преподавателей математики в ранге профессора. И везде он получил отказ. В одном из институтов ему прямо было сказано, что сам факт его сокращения вызывает сомнения в его квалификации. В другом зав. кафедрой математики сказал, что возьмет Гольфанда на работу, если тот принесет рекомендацию от заведующего Теоретическим отделом ФИАНа академика В.Л. Гинзбурга. Я думаю, что это был иезуитский ход. Если бы Гольфанд и принес требуемую рекомендацию, то его, скорее всего, все равно бы не взяли. Но отношения между Гольфандом и Гинзбургом были таковы, что Гольфанд никогда бы и не обратился к Гинзбургу за рекомендацией.

Я тогда не представлял себе всей тяжести положения, в которое был поставлен Юрий Абрамович. У меня еще сохранялась надежда, что он сможет найти работу как математик высокой квалификации. Я решил ему в этом помочь и обратился к Виктору Иосифовичу Левину, заведующему кафедрой математической физики на физическом факультете Московского педагогического института им. В.И. Ленина. На кафедре В.И. Левина я ряд лет преподавал по совместительству.

Виктор Иосифович Левин был человеком необычной судьбы. Он родился в Индии, где его отец находился в качестве торгового представителя СССР. Там, в Индии, он закончил школу. Высшее образование он получил в Англии, куда к тому времени перевели его отца. Он изучал математику в Кембриджском университете, а после окончания университета продолжал научную работу под руководством знаменитого английского математика Г.Г. Харди. Там же, в Англии, он защитил докторскую диссертацию по теории неравенств. Вернувшись в СССР, он работал на кафедре высшей математики Московского энергетического института. В 1939 г. он стал заведующим кафедрой. Энергетический институт готовит инженеров самых разных специальностей — по тепловым электростанциям, гидроэлектростанциям, по сетям электроснабжения, по энергетическим реакторам и по многим другим специальностям. Всем инженерам нужна математика, причем для каждой специальности свой набор математических знаний. На кафедре были разработаны комплексные курсы преподавания для каждой специальности. В годы Отечественной войны на кафедре работал профессор Наум Ильич Ахиезер, выдающийся математик и родной брат не менее известного физика Александра Ильича Ахиезера. После войны Наум Ильич Ахиезер вернулся в свой родной город Харьков.

Я познакомился с Виктором Иосифовичем Левиным в первые послевоенные годы, когда был еще студентом. Мы вместе отдыхали в санатории Центросоюза под Москвой. К Виктору Иосифовичу тогда довольно часто приезжал Наум Ильич Ахиезер, они расхаживали по дорожкам парка, оживленно обсуждая дела на кафедре и хитрые математические задачи, а потом часами резались в шахматы. Виктор Иосифович был очень сильным шахматистом, по силе выше нашей первой категории. Когда гостей не было, В.И. Левин выходил с шахматной доской и искал партнеров. Так мы и познакомились.

В конце 40-х годов, в разгар кампании против безродного космополитизма, профессор Виктор Иосифович Левин был снят с должности зав. кафедрой высшей математики с официальной формулировкой «за развал работы». На его место пришел профессор Московского государственного

университета Николай Андреевич Леднёв. Я знал Н.А. Леднёва, он нам, студентам физического факультета МГУ, читал курс математического анализа, и читал очень хорошо. Он любил и знал математику. Он также проявлял активность и в общественной жизни, и тут он примкнул к реакционной части преподавателей, к тем, кто горел желанием вести борьбу с проявлениями идеализма и космополитизма в науке. Эта борьба на физическом факультете на самом деле велась не против идеализма и космополитизма, а против наиболее выдающихся ученых и преподавателей. Вынужден был уйти с факультета академик Леонид Исаакович Мандельштам, основатель многих направлений в физике и создатель мощной физической школы. Ушли с факультета его ученики И.Е. Тамм и М.А. Леонтович. И на моих глазах ушел с факультета профессор Семен Эммануилович Хайкин, один из лучших преподавателей, один из авторов знаменитой книги «Теория колебаний», автор прекрасного учебника по механике. С.Э. Хайкин заведовал кафедрой общей физики. Партком физического факультета создал комиссию по проверке этой кафедры. Комиссию возглавил Николай Андреевич Леднев. Выводы комиссии оказались до того несправедливыми, что С.Э. Хайкин возмутился и потребовал пересмотра этих выводов. Он заявил, что если заключение комиссии не будет пересмотрено, он уйдет с факультета. А составителям заключения того и надо было. Выводы комиссии были оставлены в прежнем виде, а Семен Эммануилович Хайкин ушел с факультета.

В конце 40-х годов Николай Андреевич Леднев включился в борьбу против Альберта Эйнштейна и его теории относительности. В эйнштейновской теории относительности Н.А. Леднев видел много недостатков. Он создал свою теорию относительности, которая, по его мнению, была избавлена от этих недостатков. В действительности, критика теории относительности, с которой выступил Н.А. Леднев, отражала его непонимание основ этой науки. А новая созданная им теория относительности не шла ни в какое сравнение с эйнштейновской и, вообще, не заслуживала звания теории. Николай Андреевич излагал свою «теорию относительности» на нескольких заседаниях Ученого совета Физического факультета, и члены

Ученого совета слушали его со всем вниманием, хотя и нашлись такие, которые имели мужество возражать (правда, таких было немного). Об этом событии свидетельствуют строки из замечательной поэмы «Евгений Стромынкин», написанной Г.И. Копыловым, прекрасным физиком и незаурядным поэтом. Героем поэмы был студент физического факультета МГУ, а описываемые события происходили в первые послевоенные годы. Про «теорию» Леднева в поэме было сказано:

Я помню дни, когда Леднёв  
Льва одряхлевшего, Эйнштейна,  
Собрав профессоров кагал,  
Ногой бестрепетно лягал.

Так вот, этот самый Н.А. Леднев заменил В.И. Левина на посту зав. кафедрой высшей математики в Московском энергетическом институте (МЭИ). Виктор Иосифович не сразу нашел новую работу. Он перешел в Московский институт горного дела (теперь — Московский государственный горный университет), однако через год вынужден был уйти и оттуда. Опять пришлось некоторое время искать работу. Затем он в течение нескольких лет заведовал кафедрой высшей математикой в Липецком педагогическом институте, после чего вернулся в Москву и возглавил кафедру математической физики на физическом факультете Московского государственного педагогического института им. В.И. Ленина. В начале 60-х годов он пригласил меня на свою кафедру для занятий со студентами и аспирантами, и я там работал по совместительству, с оплатой в размере половинной ставки.

В.И. Левин был совершенно замечательный лектор. В начале лекции, когда дело доходило до математических выражений и формул, он брал мел и выписывал первую формулу в левом верхнем углу доски. В конце лекции он выписывал последнюю формулу в нижнем правом углу доски. И вся лекция была перед студентами на доске как на ладони.

У меня сложилось впечатление, что он знал всю математику и всех московских математиков. Он написал несколько хороших руководств по математике для читателей самого разного уровня, а также замечательный очерк о гениальном индийском математике Рамануджане.



В те годы на факультете готовили преподавателей физики для языковых школ. Такой преподаватель в школе с углубленным изучением английского языка мог бы преподавать физику на английском языке. Для подготовки таких преподавателей на факультете были созданы специальные «языковые» группы. Так вот, Виктор Иосифович Левин свои лекции по анализу и математической физике читал на трех языках: для обычных групп на русском языке, для английских — на английском, а для немецких — на немецком. Читал совершенно свободно и на прекрасном литературно правильном языке.

Трудности, которые он пережил после изгнания с поста зав. кафедрой в Энергетическом институте, привели к тому, что Виктор Иосифович очень боялся потерять свое место. Поэтому он избегал брать к себе на кафедру математиков «близкой весовой категории». Пару раз так было, что он звонил мне, говорил, что на кафедре имеется вакансия и просил подыскать подходящего человека. Я к этой просьбе относился со всей серьезностью и старался выполнить ее как можно лучше. Бывало, найдешь подходящего кандидата и начнешь его расхваливать Виктору Иосифовичу: дескать, он — специалист высокой квалификации, прекрасно защитил кандидатскую диссертацию и уже дописывает докторскую, и человек хороший. Можно его взять на должность доцента, а вскоре из него будет хороший профессор. Виктор Иосифович всё это выслушивал и говорил:

— Всё это, может быть, и хорошо, но мне бы младшего преподавателя без степени.

Меня он вначале не очень опасался, потому что я не был штатным преподавателем, я был «полставочник». Но через несколько лет я увидел, что он и меня начал подозревать в том, что я хочу занять его место. Я тогда ушел с его кафедры. Все это было очень печально.

Году в 1978-м, когда я еще работал на кафедре Виктора Иосифовича Левина, я отдохнул с маленькой дочкой в пансионате Академии наук под Звенигородом, и там встретил Николая Андреевича Леднёва. Он к тому времени был уже на пенсии. Мы разговорились. Николай Андреевич спросил меня, где я работаю. Я сказал, что работаю в ФИАНе, а преподаю на кафедре В.И.Левина. Н.А. Леднёв тогда сказал:

— Передайте, пожалуйста, Виктору Иосифовичу, что я очень сожалею о том, что согласился занять его место. Я тогда был азартным и невежественным человеком. Я был игрушкой в руках людей из Отдела науки ЦК партии. Они мне сказали, что Левин развалил работу на кафедре, что кафедру нужно спасать. Я согласился перейти туда. Я не понимал, что делаю. Несколько человек пытались отговорить меня, и в их числе Израиль Моисеевич Гельфанд (один из крупнейших математиков современности. — *Б.Б.*). Он мне говорил: «Николай Андреевич, вы по живым людям хОдите!» А я не понимал. Потом, когда я уже начал заведовать кафедрой, я увидел, что там никакого развала не было, там был образцовый порядок. А через несколько лет произошел такой случай. Я написал статью в «Математический сборник». Оттуда мне прислали отзыв рецензента, очень доброжелательный отзыв, деловой, с полезными замечаниями и ценными советами. Я этими советами воспользовался. Много позднее я узнал, что автором отзыва был Виктор Иосифович Левин. Я ему благодарен за этот отзыв. Вы, пожалуйста, и об этом ему скажите.

Говорил он вполне искренно. Однако было бы лучше, если бы он это все сказал не мне, а прямо Виктору Иосифовичу. Я при первой возможности передал его слова В.И. Левину. Он выслушал их, нахмурился и сказал:

— Что теперь об этом говорить.

На кафедре Виктора Иосифовича Левина я проработал с 1963 по 1978 гг. с перерывом в несколько лет. Когда Юрия Абрамовича уволили, я как раз не работал на кафедре В.И. Левина. Но я сохранил с ним хорошие отношения. И я тогда подумал, что он может помочь в устройстве Юрия Абрамовича на работу. Я знал, что хождения Ю.А. Гольфанда по разным кафедрам не привели к успеху. Но Виктор Иосифович был знаком со всеми математиками, и у меня была надежда, что кто-то из них поможет Гольфанду получить работу. Кроме того, сам Виктор Иосифович в свое время попал в такое же положение, как Ю.А. Гольфанд, и я думал, что В.И. Левин лучше, чем кто-либо другой осознаёт тяжесть такого положения. Я позвонил В.И. Левину, рассказал ему про Гольфанда и попросил помочь.

Он молча выслушал меня, вопросов не задавал (видно, я достаточно подробно рассказывал) и попросил позвонить ему дней через десять. Через десять дней я ему позвонил и спросил, удалось ли ему что-нибудь сделать. Он ответил коротко: Гинзбург поступил опрометчиво.

Я понял, что и Виктор Иосифович ничего не смог сделать.

Об этой попытке я ничего не сказал Юрию Абрамовичу. Когда он встречался с сотрудниками Теоретического отдела, и со мной в том числе, он проходил мимо, как бы не замечая, отводил глаза, не отвечал на поклоны. Его можно было понять. С ним обошлись безжалостно и недостойно. При каждой такой встрече я себя чувствовал виноватым.

Но все же после того, как Виктор Иосифович Левин ничего не смог сделать, я позвонил Юрию Абрамовичу и сказал, что я не согласен с решением о его сокращении и считаю это решение несправедливым. Юрий Абрамович молча выслушал мои слова и молча повесил трубку. Ему было тяжело обо всем этом говорить, а особенно — с сотрудником Отдела, где с ним так бесчеловечно обошлись.

Нельзя было проводить сокращение так, как оно было проведено. А можно ли было провести сокращение так, чтобы нанести минимальный ущерб тому, кого решено вывести из состава сотрудников, чтобы его не считали слабым и чтобы он мог после сокращения найти себе новое место? Я старался найти такой вариант, и мне пришла в голову одна возможность. Допустим, что в Отдел пришел приказ о сокращении штатов. Руководство Отдела собирается и обсуждает вопрос, с кем из сотрудников на этот раз придется расстаться. Но кандидата на сокращение ни в коем случае не следует увольнять. Если его уволят, и выдадут ему трудовую книжку, в которой будет запись «уволен по сокращению штатов», то ему будет очень непросто найти новое место. А ведь он ничем не хуже тех, кто остался в Отделе. Кандидату на сокращение надо сказать: «Мы вынуждены выполнить приказ о сокращении. Мы обсудили положение дел и пришли к выводу, что мы должны сократить именно Вас. Не потому, что Вы работаете хуже других, а потому, что, если мы наметим на сокращение кого-то другого, планы научной работы Отдела пост-

радают в большей степени. Но мы Вас не увольняем. Оставайтесь на работе и ищите место, куда Вы бы могли перейти. И мы Вам поможем найти такое место».

Сколько времени могли бы занять поиски нового места работы? Несколько месяцев, ну пусть полгода. Но в течение этого времени человек не будет безработным, он будет получать зарплату. У Отдела хватило бы средств, чтобы продержать на работе одного человека в течение нескольких месяцев. А туда, куда он придет наниматься, он придет не слабейшим сотрудником, обреченным на сокращение, а таким же сотрудником Теоретического отдела ФИАНа, как и остальные. И устройство на новое место работы можно будет оформить как перевод из одного учреждения в другое.

К сожалению, даже если бы придуманный мною образ действий был принят руководством Отдела, Юрию Абрамовичу это уже не смогло бы помочь. Но все же надо было придумать, как поступать на случай последующих сокращений, чтобы и сотрудники меньше страдали, и репутация Отдела не терпела урона.

Своими соображениями я поделился с Ефимом Самойловичем Фрадкиным, замечательным физиком и мудрым человеком. Ефим выслушал меня и сказал, что предложенный образ действий, конечно, более щадящий, это хорошо, но, с другой стороны, не такой уж он щадящий. Если сотрудник будет намечен к увольнению, то он в любом случае будет выбит из рабочей колеи на длительное время. Я против этого не спорил, но все-таки считал, что мое предложение позволяет хоть как-то уменьшить риск безработицы.

Со своим предложением я выступил на производственном собрании Отдела, которое состоялось приблизительно через месяц после того, как был уволен Ю.А. Гольфанд. Собрание вел Евгений Львович Фейнберг. Когда все намеченные вопросы были рассмотрены, я попросил слова. Я сказал, что прошло уже довольно много времени с того дня, как Юрий Абрамович Гольфанд был уволен. Предполагалось, что он легко найдет работу, но до сих пор это ему не удалось и, по всей видимости, это будет не просто. Мы должны помочь Юрию Абрамовичу в устройстве на работу. И мы также должны выработать план

действий на случай возможного в будущем сокращения, чтобы люди не попадали в такое положение, как Юрий Абрамович. И я высказал свое предложение, изложенное выше.

Обсуждения не состоялось, потому что сразу же после моего выступления Евгений Львович закрыл собрание. Возможно, он сделал так потому, что на собрании отсутствовал Виталий Лазаревич Гинзбург, и в его отсутствие Евгений Львович считал неудобным обсуждать этот вопрос.

Однако мое выступление имело некоторые последствия. Я открыто выразил свое отношение к увольнению Гольфанда. Через некоторое время после производственного собрания ко мне в комнату пришел Дмитрий Сергеевич Чернавский. Он был сторонником увольнения Гольфанда. Сначала мы с ним говорили о чем-то малозначащем, не помню уже, о чем. А потом перешли на большую для меня тему — на вопрос об увольнении Гольфанда. Свою точку зрения Дима выразил с полной ясностью. Он сказал, что Гольфанд, во-первых, — бездельник, а во-вторых, — слабейший сотрудник. Как такового, его следовало сократить. Его и сократили. Я с ним спорил.

— Дима, — говорил я, — при жизни Игоря Евгеньевича у нас слабейших не было. Ты помнишь, когда мы собирались для того, чтобы выдвинуть кандидатов на избрание в Академию наук, что говорил Игорь Евгеньевич?

Он говорил: «Мы все здесь примерно равной силы, но давайте выдвинем тех, кто имеет наибольшие практические шансы». Видишь: как выборы в Академию наук, так все равной силы, и Гольфанд в том числе, а как сокращение штатов, так Гольфанд — слабейший?

— И все-таки, надо смотреть правде в глаза, — сказал на это Дима, — Гольфанд — слабейший, и его увольнение оправданно и справедливо.

Говорил он уверенно, четко, значительно, с поучающими интонациями, как на лекции для студентов. Так мы с ним ни до чего и не договорились, каждый остался при своем.

Через неделю ко мне в мой маленький кабинетик пришел Евгений Львович Фейнберг. Он тоже, как и Дима, хотел меня убедить в том, что Юрий Абрамович Гольфанд

был сокращен правильно. Я пытался высказать свою точку зрения: нельзя проводить сокращение так, что в результате человек заведомо обрекается на безработицу.

Разговор мой с Евгением Львовичем, так же, как и предыдущий разговор с Димой Чернавским, не привел к согласию. Закончился разговор тем, что Евгений Львович сказал:

— Гольфанд — бездельник. Он оказывал развращающее влияние на нашу молодежь. Своим бездельем он подавал дурной пример. Его необходимо было сократить. Вот его сократили, и наша молодежь заметно подтянулась. Посмотрите, как хорошо стал работать Илья Ройзен.

— Евгений Львович! — задал я ему риторический вопрос, — Неужели для того, чтобы Ройзен стал хорошо работать, надо было уволить Гольфанда?

Евгений Львович помолчал, потом поднялся и вышел. Я его ничем во время разговора не хотел обидеть, но я был с ним не согласен. Надеюсь, что он и не обиделся, просто решил, что не стоит дальше спорить. Он высказал свою точку зрения, я — свою. Мы остались каждый при своей точке зрения.

Я заметил, что в разговоре со мной Евгений Львович больше не повторял своего мнения, которое он несколько раз высказывал ранее, что Юрию Абрамовичу легко будет найти себе новое место. Если он вначале на самом деле так думал, то теперь, спустя два месяца после сокращения, он убедился, что, как сказал один оратор, «в действительности все обстоит совершенно иначе, чем на самом деле». Евгений Львович также не говорил о том, что Гольфанд не физик, а математик. Я думаю, что теоретики из других институтов Академии наук за эти два месяца довели до сведения Евгения Львовича свое мнение о Гольфанде, как о физике.

Илья Ройзен, о котором шла речь, — это сотрудник нашего Отдела Илья Исаевич Ройзен. Он — физик-теоретик высокой квалификации. Не нужно думать, что до сокращения Гольфанда он работал плохо, а после сокращения стал работать хорошо. Человек — не машина, и в особенности это относится к научному работнику. Бывают у него периоды творческого подъема (или «творческого запоя», как говорил Игорь Евгеньевич Тамм), когда многое получается и резуль-

таты приносят радость. Бывают полосы неудач, когда терпят крах замыслы, которые вначале казались очень заманчивыми. Бывают периоды обдумывания, подготовительной работы. Все это надо учитывать при оценке человека, но еще и многое сверх того. И тот, кто берется разделять людей на чистых и нечистых, рискует ошибиться и часто ошибается. Если нужны примеры, за ними недалеко ходить. Достаточно вспомнить трудную судьбу Юрия Абрамовича.

Кстати сказать, Евгений Львович в нашем разговоре не случайно упомянул Илью Ройзена. Через некоторое время я узнал, что на том совещании, которое привело к увольнению Гольфанла, в качестве одного из кандидатов на сокращение упоминался и Ройзен. Об этом мне сказал один из участников совещания, не помню уже, кто именно. Узнав об этом, я подумал: надо предупредить Илью, пусть заранее позаботится о том, чтобы найти себе место. А иначе, когда подойдет следующее сокращение и решено будет уволить Ройзена, ему намного труднее будет найти работу.

Мудрый Илья отнесся к моей информации спокойно. Он сказал:

— Увольнение Гольфанда нанесло такой удар по репутации Отдела, что вряд ли руководство когда-нибудь еще проделает нечто подобное.

Грядущие годы таятся во мгле... Я и соглашался с Ильей и в то же время очень опасался повторения. К счастью, в дальнейшем сокращение штатов не повторялось.

Уже много лет спустя Илья Ройзен мне сказал, как отозвался на сокращение Гольфанда заведующий лабораторией плазмы ФИАН Матвей Самсонович Рабинович. Он предсказал:

— Сокращение Гольфанда — последнее сокращение в истории Теоретического отдела.

Он имел в виду, что руководство извлечет уроки из этого злополучного сокращения.

Со дня увольнения прошел месяц, весь этот месяц Юрий Абрамович потратил на поиски работы, но ничего не нашел. И тогда его снова взяли на работу в ФИАН. Работу ему предложили временную, на два месяца (на февраль и март 1974 г.). В лаборатории космических лучей появилась вакансия. Она предназначалась для вполне определенного человека, но было известно, что

этот человек придет только через два месяца. Так что в течение двух ближайших месяцев место будет не занято. На это место и взяли Юрия Абрамовича. Я не могу утверждать с определенностью, но думаю, что о предоставлении этого места Гольфанду договорился Евгений Львович Фейнберг. Увидев, в каком трудном положении оказался Юрий Абрамович, Е.Л. Фейнберг постарался хоть как-то, хоть временно облегчить его участь. Я думаю, к тому времени Евгений Львович уже понял, что Отдел совершил ошибку, сократив Гольфанда, и старался по возможности сгладить последствия этой ошибки.

Юрия Абрамовича Гольфанда взяли на должность старшего научного сотрудника, кандидата наук, хотя он был доктором физико-математических наук. Зарплата на временной должности (300 руб. в месяц) была на сто рублей меньше, чем Юрий Абрамович получал до сокращения, но в те годы и такая зарплата не считалась маленькой. Напомню, что средняя заработная плата по Советскому Союзу в те годы составляла 120–130 руб. Всё же оплата не соответствовала квалификации Юрия Абрамовича, но не в этом была главная беда. Беда была в том, что место было предоставлено всего на два месяца.

Заведующий лабораторией космических лучей Николай Алексеевич Добротин посоветовал Юрию Абрамовичу все эти два месяца употребить на поиски новой работы. Никто с Гольфанда не требовал ежедневно приходить в ФИАН. И Юрий Абрамович, действительно, в течение всего этого времени постоянно и безуспешно искал себе место работы. Так он и не нашел ничего и через три месяца был вторично уволен из ФИАНа.

Вскоре после этого, отчаявшись найти работу в СССР, Ю.А. Гольфанд подал заявление на выезд в Израиль. Тем самым он сделал невозможным какое бы то ни было устройство на работу в Советском Союзе. Людей, подавших заявление на выезд, на работу не брали. При этом не было никакой уверенности, что Юрий Абрамович получит разрешение на выезд.

В своих «Воспоминаниях» А.Д. Сахаров рассказывает, что Гольфанд навестил его в больнице сразу после увольнения. И уже тогда Елена Георгиевна Боннер посоветовала Юрию Абрамовичу уехать из СССР. Елена Георгиевна



вспоминала позднее, что этот её совет Юрий Абрамович выслушал с некоторым замешательством. В то время он был не готов к тому, чтобы перебраться в другую страну. Его можно было понять. Для многих людей даже просто перемена места работы без перемены места жительства — это чрезвычайное событие, не говоря уже о переезде в другой район города или, тем более, в другой город. Что уж тут говорить о переезде в другую страну. Юрий Абрамович в первые месяцы после увольнения ещё надеялся найти работу в Москве. И только исчерпав все возможности, он решился на эмиграцию.

Для оформления выездного дела необходима была характеристика с места работы. В ФИАН пришла бумага из ОВИР (Отдел виз и разрешений) с просьбой прислать характеристику на Ю.А. Гольфанда. Характеристику составили и отправили в ОВИР. Вот ее текст:

#### ХАРАКТЕРИСТИКА

Гольфанд Юрий Абрамович, 1922 г. рождения, еврей, беспартийный, доктор физико-математических наук, работал в Отделе теоретической физики ФИАН с 1950 по 1973 год. В должности старшего научного сотрудника с 1 ноября 1951 г. Взысканий по работе не имел.

Уволен по сокращению штатов в декабре 1973 года.

Характеристика выдана для оформления отъезда в Израиль на постоянное место жительства.

Зам. директора ФИАН (Н.Н.Иванов)  
Председатель месткома ФИАН (И.А.Абраменков)

2.4.74.

В этой короткой характеристике Гольфанда не хвалили, но и не ругали. По-видимому, расчёт был на то, что такая характеристика не привлечёт к нему излишнего внимания и не создаст дополнительных препятствий к выезду.

В Теоретическом отделе была маленькая партийная организация — семь коммунистов: В.Л. Гинзбург, Г.Ф. Жарков, О.К. Калашников, В.П. Силин, В.Я. Файнберг, Е.С. Фрадкин и я. К тому времени, о котором идет речь, Виктор Павлович Силин уже не работал в Теоретическом отделе, он заведовал Лабораторией теории плазмы. Однако

он ещё состоял на учёте в партийной организации Теоретического отдела, возможно, потому, что в его лаборатории он тогда был единственный коммунист. После того как Юрий Абрамович подал заявление на выезд, этот его поступок был обсужден на партийном собрании Отдела. По-видимому, это собрание было созвано по указанию партийного комитета ФИАНа, чтобы наша партийная организация выразила свое отношение к желанию Гольфанда выехать в Израиль. На собрании Силин предложил такую резолюцию:

«Коммунисты Теоретического отдела осуждают поступок Ю.А. Гольфанда как измену нашей социалистической Родине».

С возражением против этой резолюции выступил В.Л. Гинзбург. Он сказал, что теперь отношение к людям, выезжающим за рубеж, уже не такое, как при Сталине. Теперь возможен легальный выезд по разным причинам, например, по гуманитарным соображениям, для воссоединения семьи и т.д. Поэтому он не считает, что желание выехать из СССР есть обязательно измена социализму.

Помню, я тоже высказался против предложения В.П. Силина. Я сказал, что Юрий Абрамович уже длительное время ищет работу и никто его на работу не берёт. Он бы никогда не подал заявления на выезд, если бы у него была работа.

В результате обсуждения партийное собрание не приняло осуждающей резолюции. Было решено принять к сведению, что Юрий Абрамович Гольфанд подал заявление на выезд.

Характеристика на Гольфанда ушла из Института в ОВИР, и через некоторое время стало известно, что Юрию Абрамовичу в просьбе о выезде было отказано. Причиной для отказа послужило то, что Гольфанд принимал участие в проведении секретных работ по термоядерной тематике, а точнее, — в работах по созданию ядерного оружия. Это было двадцатью годами ранее. Он тогда работал как математик, т.е. отыскивал решения тех уравнений, которые были получены теоретиками. Он не разбирался в физической стороне проблемы и у него не было никакого желания выяснять физику дела. С того времени прошёл большой срок (более двадцати лет) и, тем не менее, в выезде ему было отказано.

Прошло ещё некоторое время. Однажды сотрудница нашего Отдела Светлана Васильевна Шихманова рассказала мне, что по дороге на работу она видела Гольфанда. Она ехала в троллейбусе по Ленинскому проспекту. На одной из остановок Светлана увидела Юрия Абрамовича с женой. Они стояли около стенда для расклейки афиш. Юрий Абрамович держал тяжелый рулон афиш, его жена несла ведро с клеем и кисть. Они расклеивали объявления. Другой работы им не удалось найти. Надо заметить, что и эта работа была недоступна для Юрия Абрамовича, никто бы не взял доктора физико-математических наук на должность расклейщика. Эту работу получила Наталья Моисеевна, жена Юрия Абрамовича, а он ей помогал.

У меня тогда было впечатление, что сокращение Ю.А. Гольфанда изменило нравственный климат нашего Отдела. Люди избегали разговоров о судьбе Юрия Абрамовича, опасались высказывать открыто свое отношение к его сокращению. Со стороны казалось, что все идет так же, как и до сокращения. Но где-то на краю поля зрения у каждого сотрудника маячил образ безработного Юрия Абрамовича. Мало кто считал его слабейшим сотрудником. Молодежь особенно относилась к нему с большим почтением, потому что Юрий Абрамович много знал и делился своими знаниями, охотно помогал советами и разъяснениями тем, кто в этом нуждался. Почему его уволили? А если его все-таки уволили, то и любого из нас тоже может постигнуть та же участь.

Так думали многие. Можно сказать, что в Отделе появился страх перед сокращением. И были среди сотрудников такие, которые этот страх пытались использовать для достижения своих целей. Я сам стал объектом одной такой попытки.

В течение ряда лет коммунисты нашего Отдела выбирали секретарем партийной организации поочередно Ефима Фрадкина и меня. Один год Ефим был партторгом, а я его заместителем, другой год, наоборот, я — партторг, а Ефим — мой заместитель. И Ефим и я знали всех членов партийного комитета ФИАН и были с ними в нормальных отношениях. Но когда в Отдел вернулся Андрей Дмитриевич Сахаров (это было в 1969 г.), отношение парткома к Отделу изменилось. Сначала на партийную

организацию Отдела партком стал возлагать ответственность за все общественные выступления Сахарова. Логика тут была очень простая. Если Сахаров выступает против каких-то существующих порядков, значит, он чего-то не понимает. А не понимает он потому, что партийная организация Теоретического отдела не ведет с ним разъяснительной работы. Потом отношение к коммунистам и к беспартийным сотрудникам Отдела стало ещё хуже. Это произошло после того, как все сотрудники Отдела отказались подписать письмо с осуждением А.Д. Сахарова. Начиная с конца 1972 г. про наш Отдел в парткоме иногда говорили, что это — база для антисоветской деятельности А.Д. Сахарова.

Когда я шел по делам в партком, я чувствовал, что иду в опасное место, где меня ждут неприятности, адресованные мне лично или моим товарищам по Отделу. И на моё счастье, в эти годы руководство Отдела решило, что парторгом Отдела должен быть человек более политически зрелый, чем я. Таковым был Владимир Яковлевич Файнберг. Он и стал парторгом.

Несколько лет подряд В.Я. Файнберг избирался на должность парторга Теоретического отдела. Но, в конце концов, он решил освободиться от этой трудной обязанности. Приближалось отчетно-выборное партийное собрание, на котором нам предстояло выбрать парторга на следующий год. Я краем уха слышал, что, как и прежде, решено было оставить В. Файнберга парторгом Отдела. И вроде бы сам Файнберг не возражал. Но перед самым собранием он позвонил ко мне домой и стал меня уговаривать, чтобы я согласился стать парторгом.

— Есть несколько причин, по которым тебе надо меня заменить, — говорил Володя. — Во-первых, я не могу быть парторгом, поскольку занимаю должность заместителя заведующего Отделом.

— Володя, — сказал я, — ты уже несколько лет парторг и несколько лет заместитель заведующего. До сих пор тебе это не мешало, думаю, что и дальше не помешает.

Очень мне не хотелось в парторги, и я решил отговариваться во что бы то ни стало.

— Во-вторых, — сказал Файнберг, — я являюсь секретарём методологического семинара ФИАНа. Если я ещё

буду парторгом, это не позволит мне наладить работу семинара.

— Вот тут я тебе помогу, — сказал я, — ты мне можешь давать любые поручения, связанные с семинаром, я всё буду делать.

В. Файнберг немного помолчал, а потом сказал:

— Есть ещё одна причина, по которой тебе надо быть парторгом. Я тебе скажу, но только ты мне обещаешь, что это останется между нами. Когда руководство Отдела принимало решение о сокращении Гольфанда, обсуждалась и твоя кандидатура на сокращение. И тогда Гинзбург сказал: «Болотовский — парторг Отдела. Пока он парторг, мы его не можем уволить». Ты это имей в виду. В твоих интересах согласиться на избрание парторгом.

Для того чтобы добиться своей цели, Файнберг решил напугать меня возможным сокращением. Это меня возмутило.

— Володя, — сказал я ему, — если ты мне хочешь сказать, чтобы я искал себе другую работу, я буду искать. А парторгом после твоих слов я не стану ни при каких условиях.

— Ты бездельник, — сказал Файнберг, — мы с тобой будем иначе разговаривать.

На этом наш разговор закончился. На партийном собрании при обсуждении, кого выбрать на следующий срок, В.Я. Файнберг всё-таки предложил мою кандидатуру. Я отказался и, обращаясь к В.Л. Гинзбургу, сказал:

— Я имел с Файнбергом очень тяжёлый для меня разговор. Он уговаривал меня согласиться на избрание парторгом. Он говорил, что когда сокращали Гольфанда, обсуждалась и моя кандидатура на сокращение, и вы, Виталий Лазаревич, сказали: «Пока Болотовский парторг, мы его сократить не можем». Значит, если я не хочу, чтобы меня уволили, я должен стать парторгом.

Виталий Лазаревич на это сказал:

— Всё было не так. Когда мы определяли кандидатов на сокращение, я взял алфавитный список сотрудников Отдела и стал читать фамилию за фамилией. Андреев — мы его не можем сократить, он молодой специалист. Болотовский — не можем сократить, он парторг. И так далее. Вот только так вы и были упомянуты.

— Дело не в этом, — сказал я, — сократить можно любого, в том числе и меня. Только не следует на этом спекулировать..

Володю Файнберга в тот раз избрали партгоргом ещё на один срок. После собрания он сказал мне:

— Я тебе по-дружески сказал, а ты... Больше ничего тебе не буду рассказывать.

Я так и не знаю, что было на самом деле — хотели меня сократить или нет. Но я сильно сомневаюсь, что Файнберг действовал по-дружески, когда сообщил мне об этом. Если бы он на самом деле хотел действовать по-дружески, он бы мне сразу всё сказал, в первые дни после сокращения Гольфанда. А он рассказал об этом спустя несколько лет и только тогда, когда ему это стало выгодно.

В течение семи лет Ю.А. Гольфанд был безработным. Он продолжал научную работу, вернее, прилагал усилия к тому, чтобы её продолжать, но это было трудно по многим причинам. Надо было заботиться о хлебе насущном, и Ю.А. хватался за любую временную работу. Прекратилось научное общение со многими из тех, с кем он ранее каждодневно общался и обсуждал научные новости, а также интересовавшие его проблемы. Он уже не мог посещать семинар Теоретического отдела — ему было тяжело вступать в контакты с членами коллектива, из которого его выкинули столь обидным для него образом. Но даже если бы он изъявил желание посещать семинар он вряд ли смог бы попасть туда. Он уже не работал в ФИАНе и, следовательно, мог попасть на семинар только по разовому пропуску — для каждого посещения нужно было подавать в бюро пропусков заявку на пропуск для Ю.А. Гольфанда, а в заявке обязательно надо было указать место работы. Какое место работы у безработного? Бюро пропусков не выдало бы пропуск человеку, который нигде не работает.

Однако у Гольфанда сохранилась возможность посещать семинар по теоретической физике, который проходил в ИТЭФ. Руководителем семинара был профессор Владимир Борисович Берестецкий, а секретарем — Борис Лазаревич Иоффе. Это был семинар высокого уровня, в его работе принимали участие сильные физики (кроме уже названных В.Б. Берестецкого и Б.Л. Иоффе, И.Я. Померанчук, Л.Б. Окунь, К.А. Тер-Мартirosян и др.). Возмож-

ность принимать участие в работе этого семинара Гольфанд очень ценил. Но, конечно, и семинар получал пользу от участия такого специалиста.

Вход на территорию ИТЭФ был возможен только по пропуску. Секретарь семинара Б.Л. Иоффе перед каждым заседанием относил в бюро пропусков заявку на Юрия Абрамовича. В этой заявке, как уже было сказано, необходимо было указать место работы. Б.Л. Иоффе каждый раз вписывал в заявку название некоей мифической организации, в которой якобы работал Гольфанд. Делая так, и руководитель и секретарь семинара сильно рисковали. Если бы этот обман открылся, им грозили серьезные неприятности. К счастью, все обошлось.

В те годы (середина 70-х годов) люди, пожелавшие выехать на жительство в Израиль, но получившие отказ (у этой категории даже было свое название — «отказники»), попадали в трудное, порой трагическое положение. Эти люди находились в странном, подвешенном состоянии. Они еще не были гражданами Израиля, но в то же время как бы и не считались полноправными гражданами СССР. Хотя они продолжали жить в Советской стране, но конституционные гарантии на них не распространялись или распространялись лишь частично. Например, статья конституции, по которой граждане СССР имели право на труд, на отказников не распространялась. Они, как правило, не имели работы. Если говорить о физиках-теоретиках, то, казалось бы, они могли заниматься своей любимой наукой и в домашних условиях. Альберт Эйнштейн считал даже, что идеальные условия для занятий наукой дает место смотрителя маяка — никто тебе не мешает, можно без помех обдумывать интересующие тебя вопросы. Но далеко не все так считают. Очень трудно заниматься наукой на необитаемом острове. Важнейшее значение для учёного имеет научное общение, возможность обсудить возникающие в работе трудности с понимающими коллегами, возможность рассказать то, что сделано, и услышать советы и возражения. Во всех научных коллективах сегодня работают семинары. Люди регулярно собираются, скажем, раз в неделю, и обсуждают научные новости, успехи и трудности в развитии науки.

Возможность научного общения для отказников была сведена к минимуму. Они не имели, как правило, доступа

на семинары в тех научных коллективах, где они работали до того, как подали заявления на выезд. Даже в тех случаях, когда доступ на семинар был возможен, отказник не всегда пользовался этой возможностью, чтобы не дать повод для обвинения в адрес участников семинара — они, дескать, общаются с изменником.

Отказники организовали свой семинар. Участие в его работе принимали известные физики — Вениамин Левич, Александр Воронель, Яков Альперт, Марк Азбель, Вениамин Файн, Юрий Гольфанд и другие отказники. Семинар этот не был полноценной заменой тех семинаров, в которых физики-отказники ранее принимали участие. Но всё же появилась возможность научного обсуждения, а также возможность поддерживать достаточно высокий научный уровень участников.

Многие западные физики (как тогда говорили, физики из капиталистических стран) знали о семинаре отказников и старались, как могли, поддержать его работу. Во время своих визитов в СССР они принимали участие в работе семинара, выступали с докладами.

Надо сказать, что выступление иностранного учёного на семинаре отказников было в известном смысле актом гражданского мужества. Если иностранный физик, прибыв в СССР, изъявлял желание посетить семинар отказников, официальные лица отговаривали его от этого шага (в частности, по свидетельству Я.Л. Альперта, академик Р.З. Сагдеев, директор Института космических исследований, отговаривал своих иностранных гостей от участия в работе семинара отказников); посещение семинара рассматривалось как недружественный поступок по отношению к советской науке. Если бы, скажем, американский физик решил поехать в СССР с единственной целью — принять участие в работе семинара отказников и если бы он указал эту цель в своем обращении в советское посольство за предоставлением визы, он с большой вероятностью получил бы отказ. Тем не менее, многие иностранные ученые принимали участие в работе семинара отказников. Время от времени семинар отказников даже проводил конференции. В частности, в декабре 1978 г. была проведена конференция, в работе которой приняли участие около двадцати ученых-отказников и одиннадцать западных уче-



ных, в том числе Президент Нью-Йоркской Академии наук математик Джоэл Дейбовиц. Эту конференцию с полным основанием можно было назвать международной.

Государственные научные учреждения (а других не было в Советском Союзе) никогда бы не предоставили помещения для семинара ученых-отказников, конференция проводилась в квартире отказников — математика Ирины Браиловской и её мужа Виктора Браиловского.

В 1974 г. в журнале «Nuclear Physics» («Ядерная физика») была опубликована статья «Суперкалибровочные преобразования в четырёх измерениях». Авторами были два физика-теоретика — Юлиус Вессе из университета в германском городе Карлсруэ и Бруно Зумино из Европейского Центра ядерных исследований в Женеве. Авторы независимо, не зная о результатах Гольфанда и Лихтмана, построили теорию, в которой имелось несколько сортов частиц — бозе-частицы и ферми-частицы, причём волновые функции этих частиц были связаны между собой и преобразовывались друг через друга. Ю. Вессе и Б. Зумино рассмотрели некоторые конкретные реализации своей теории.

Эта работа привлекла внимание многих исследователей, и проблема начала активно разрабатываться. По существу, в работе Вессе и Зумино была решена та же задача, которая ранее была поставлена и решена в работах Гольфанда и Лихтмана. Почему же работы Ю. Гольфанда и Е. Лихтмана не обратили на себя внимания в момент своего появления? Трудно сказать, в чем дело. Может быть, причина состоит в том, что работы Ю. Гольфанда и Е. Лихтмана появились несколько преждевременно, когда физическое сообщество ещё не вполне было готово к их восприятию. Но, скорее всего, работа Ю. Вессе и Б. Зумино вызвала столь большой интерес потому, что она была написана немного иначе, чем работы Ю. Гольфанда и Е. Лихтмана, если можно так сказать, она была написана более физично, т.е. на языке, более привычном для тех, кто занимался квантовой теорией полей. Например, рассмотренное в работе важное преобразование волновых функций авторы назвали  $\gamma_5$ -преобразованием, подчеркнув тем самым роль дираковской матрицы  $\gamma_5$ . Так или иначе, довольно быстро произошло осознание важного значения суперсимметрии в физике элементарных частиц, и с 1974 г. начинается лави-

на публикаций, посвящённых исследованию и развитию разных сторон суперсимметрии. За неполных тридцать лет было опубликовано несколько десятков тысяч работ, посвящённых этому направлению. Несколько десятков тысяч!

Когда значение суперсимметрии было уже широко осознано и признано, я однажды спросил Диму Чернавского:

— Ну что, ты и теперь думаешь, что Юра Гольфанд — слабейший?

Дима ответил: — Кто ж знал?

Довольно быстро выяснилось, что зачинателями в постановке и в решении проблемы являются Ю.А. Гольфанд и Е.П. Лихтман. В ФИАН пришли письма, адресованные им от зарубежных физиков. Почему письма были адресованы в ФИАН? Потому что в опубликованных научных статьях обычно указывается место работы авторов. В статьях Гольфанда и Лихтмана тоже было указано место работы Ю.А. Гольфанда — ФИАН. Вот письма и приходили в ФИАН. Но Гольфанд там уже не работал. Когда авторам писем становилось известно, что Гольфанд в ФИАНе не работает, они начинали выяснять: а где он в данное время работает? И выяснялось, что он — безработный, нигде не работает, из ФИАНа уволен, а другой работы найти себе не может.

Ну ладно, в Советском Союзе Ю.А. Гольфанд не нужен, но он же может устроиться на работу в какой-нибудь зарубежный университет, и даже не в какой-нибудь, а в один из самых престижных, его охотно возьмут на работу. Но нет, оказывается, это невозможно — его не выпускают из Советского Союза. Научное сообщество за рубежом никак не могло освоиться с таким странным положением дел. Для зарубежных физиков это не укладывалось в понимание. А в Советском Союзе положение Гольфанда отнюдь не было исключительным — в таком же положении находились многие отказники и вообще люди, чьи взгляды не соответствовали официальной идеологии.

Интересно отметить, что бывало и по-другому: вызывали человека в некую официальную инстанцию, предлагали, чтобы он написал заявление с просьбой разрешить ему выезд в Израиль на постоянное место жительства и даже гарантировали скорый и положительный ответ. В такое положение попал, например, мой друг, известный физик

и ещё более известный математик Валентин Фёдорович Турчин. За свою правозащитную деятельность он лишился работы. Надо было искать какие-то источники существования, но что можно сделать, если ты попал в чёрный список? Никакой отдел кадров тебя не пропустит. Турчин одно время был вынужден зарабатывать следующим образом. Представим себе, что заканчивается строительство большого многоквартирного дома. Участок, на котором стоит дом, загроможден разными остатками строительства — обрезками досок, деталями арматуры, осколками железобетонных плит и т.д. Надо это всё срочно убрать. Для этого нанимаются рабочие. Их нанимают всего на несколько дней, причём отдел кадров в той организации, которая ведёт строительство, никакого участия в найме не принимает. Просто оценивается стоимость уборки, и про-раб получает на руки необходимые деньги для того, чтобы нанять рабочих и расплатиться. Валя Турчин, доктор физико-математических наук, приходил на такие работы, никто его ни о чем не спрашивал, никакие анкеты не надо было заполнять. Он вкалывал положенное время, получал в конце дня заработанные деньги и шёл домой. В свободное же от работы время он продолжал правозащитную деятельность, выступал в защиту людей, которые подвергались преследованию за свои убеждения. Власти следили за каждым его шагом, несколько обысков было проведено в его квартире, у него изъяли одну за другой несколько пишущих машинок, но всё не помогало — Турчин продолжал свою правозащитную деятельность.

Вот тогда его и вызвали и предложили написать заявление с просьбой разрешить выезд в Израиль. Самое удивительное в этой истории то, что Валя Турчин — не еврей. Он коренной русак. Но всё же Турчин написал заявление с просьбой выпустить его и семью в Израиль, потому что ему разъяснили, что с ним будет, если он ослушается. Написал Турчин требуемое заявление, тут же получил разрешение на выезд в Израиль и вскоре вылетел, но по дороге свернул и оказался в Соединенных Штатах Америки. Теперь он — профессор Нью-Йоркского университета. Какая-никакая, а всё-таки работа.<sup>2</sup> Почему власти, решив

---

<sup>2</sup> В 2010 г. В.Ф. Турчин скончался в США.

выслать Турчина, требовали от него, чтобы он написал заявление с просьбой разрешить ему выезд именно в Израиль, этого я до конца понять не могу. Может быть, властям было желательно, чтобы Турчин покинул СССР, но в то время легальная процедура выезда по собственному желанию была выработана только для тех, кто хотел уехать в Израиль.

Советские евреи, которым было отказано в выезде на свою историческую родину, вели себя по-разному. Одни — таких было много — душой уже были в Израиле. Их, конечно, интересовали события, которые происходили в той стране, где они ещё находились, — в СССР. Но они старались по возможности не принимать никакого участия в происходящем. Они жили и действовали так, чтобы не привлекать лишний раз к себе недоброжелательное внимание власти. Они опасались, что какой-нибудь их поступок может еще ухудшить их и без того плохое положение и подорвать их надежду на выезд.

Юрий Абрамович относился к другой категории отказников. Он принимал активное участие в правозащитной деятельности. Такого рода деятельность в неправовом государстве — дело опасное. Тех, кто выступал в защиту прав человека, судили, ссылали, сажали в психушки. А быть отказником и вести одновременно правозащитную деятельность — дело вдвойне опасное.

Юрий Абрамович избрал для себя как раз такой путь. Будучи отказником и не имея работы, он — математик и физик высочайшей квалификации — не побоялся войти в правозащитное движение. Я думаю, что он встал на этот путь под влиянием Андрея Дмитриевича Сахарова, с которым он сблизился еще до увольнения. А после увольнения из ФИАНа Андрей Дмитриевич оказался в числе немногих сотрудников Теоретического отдела, с кем у Гольфанда сохранились контакты и, по-видимому, единственным сотрудником Теоретического отдела, отношения с которым у Юрия Абрамовича стали даже теснее, чем до сокращения.

В декабре 1975 г. в Вильнюсе состоялся суд над одним из ближайших соратников А.Д. Сахарова, выдающимся борцом за права человека Сергеем Адамовичем Ковалевым. Сахаров выехал в Вильнюс и находился там в дни

суда, желая оказать посильную помощь своему товарищу. Вместе с Сахаровым и с той же целью — для оказания моральной поддержки С.А. Ковалеву — в Вильнюс приехали несколько человек. Среди них были, в частности, известные физики и известные правозащитники: Юрий Фёдорович Орлов, которому недолго уже оставалось ходить на свободе, Валентин Фёдорович Турчин и др. Приехал в Вильнюс и Юрий Абрамович Гольфанд.

Дни суда совпали по времени с вручением А.Д. Сахарову Нобелевской премии мира. Андрея Дмитриевича не выпустили из СССР для получения Нобелевской премии, от его имени премию приняла Елена Георгиевна Боннер. В день вручения премии А.Д. Сахаров и его товарищи-правозащитники с радостным волнением слушали Нобелевскую речь Андрея Дмитриевича, которую зачитала Е.Г. Боннер. В «Воспоминаниях» А.Д. Сахарова помещена фотография, на которой изображена небольшая группа людей, стоящих перед зданием суда в Вильнюсе. В зал суда этих людей не пустили. Среди них — Андрей Дмитриевич Сахаров, Юрий Фёдорович Орлов и Юрий Абрамович Гольфанд, а также несколько литовских правозащитников. Гольфанд и Орлов, два Юры, стоят рядышком. У Юрия Абрамовича спокойное, задумчивое лицо. Андрей Дмитриевич улыбается.

Поскольку Юрий Абрамович был безработным, семья его — жена, дочка и он сам — жили в нужде. На помощь государства рассчитывать не приходилось. Источниками существования были случайные заработки, а также помощь правозащитных организаций, международных благотворительных фондов и т.д. Впрочем, один раз и государство оказало Юрию Абрамовичу финансовую помощь, правда, не напрямую, а через посредников.

Летом 1976 г. в Тбилиси состоялась международная конференция по физике элементарных частиц. В работе этой конференции принял участие и Андрей Дмитриевич Сахаров. Он приехал в Тбилиси вместе с Еленой Георгиевной. Вот что он рассказывает в своих воспоминаниях:

«Незадолго до закрытия конференции к нам пришли Вейскопф и Дрелл [Виктор Вейскопф и Сидней Дрелл — известные американские физики, принимавшие участие в работе Тбилисской конференции. — Б.Б.]. Они, смущаясь,

рассказали, что им передали каждому пакет, в котором были деньги (сумму я не помню). Они не объяснили, под каким благовидным предлогом были вручены эти деньги, но фактически это был *скрытый подкуп*. Вейскопф и Дрелл пришли с этими деньгами к нам и попросили передать их преследуемым учёным и их семьям (что мы и выполнили)».

Об этом же мне как-то рассказала Е.Г. Боннэр. Если я правильно понял Елену Георгиевну, часть этих денег пошла на оказание помощи Юрию Абрамовичу и его семье. Вот так Юрий Абрамович и несколько других безработных учёных получили государственную помощь.

Осенью 1977 г.а А.Д.Сахаров написал письмо Джереми Стоуну, возглавлявшему Федерацию американских учёных (FAS), с просьбой выступить в защиту двух отказников: Юрия Абрамовича Гольфанда и Наума Натановича Меймана. Профессор Наум Натанович Мейман — человек во многих отношениях замечательный, известный своими работами в области математики и теоретической физики, а также своей общественной деятельностью. Надеюсь, что о нём ещё будет много сказано теми, кто знал его ближе, чем я. Н.Н. Мейман, как и Ю.А. Гольфанд, в первой половине 50-х годов работал по закрытой (т.е. секретной) тематике. Это обстоятельство послужило официально причиной для отказа ему в выезде.

В своём письме Д. Стоуну Сахаров писал, что ему хорошо знакомы работы, которые были выполнены Мейманом и Гольфандом, а также степень их допуска к секретной информации. Оба они проводили расчеты в идеализированных, модельных представлениях, используя методы, которые к моменту написания письма не представляли практического интереса. Ни один из них не был знаком с реальными конструкциями. Они ни разу не были на «объекте» — в том секретном месте, где велась основная работа по созданию ядерного оружия. На основании приведённых соображений А.Д.Сахаров считал, что не может быть никаких причин для отказа им в выезде из СССР.

В письме А.Д. Сахарова было с ясностью сказано то, о чём зарубежные учёные могли только догадываться. Внимание к положению Юрия Абрамовича было привлечено почти сразу же после того, как была осознана его роль в

открытии суперсимметрии. Зарубежные физики не понимали, как такого человека можно было уволить, посчитав его слабейшим. Они также не понимали, почему такой выдающийся учёный не может найти работу по специальности. Если так обстоит дело, значит Гольфанд в СССР не нужен. Но тогда почему ему не разрешено уехать за границу? Официальный ответ гласил: потому что он обладает сведениями, составляющими государственную тайну. Но, во-первых, прошло много времени, около двадцати лет, с тех пор, когда Гольфанд (как и Мейман) выполнял закрытые исследования. А во-вторых, Андрей Дмитриевич в своем письме к Стоуну засвидетельствовал, что барьер секретности в данном случае является весьма шатким.

Эти три вопроса — «Почему Гольфанда уволили?», «Почему он не может нигде устроиться, почему ему не дают работу?» и «Почему ему не дают разрешения на выезд?» — западные физики неоднократно задавали при встречах со своими коллегами из Советского Союза. Приезжал в СССР зарубежный физик с визитом или наш советский физик приезжал в командировку на Запад — и в том и в другом случае звучали эти вопросы, и надо было на них отвечать. Вопросы о судьбе Гольфанда задавали тем советским физикам, от которых могла зависеть судьба Ю. Гольфанда, в том числе и заведующему Теоретическим отделом ФИАНа академику В.Л. Гинзбургу, и академику-секретарю Отделения ядерной физики Моисею Александровичу Маркову, и Президенту Академии наук СССР Анатолию Петровичу Александрову — он тоже был физиком. Надо сказать, что не только иностранные физики были озабочены судьбой Гольфанда. Многие физики в СССР считали, что по отношению к Гольфанду была допущена несправедливость.

Может быть, чаще других обсуждать с иностранными физиками вопросы, связанные с судьбой Ю.А. Гольфанда, приходилось Моисею Александровичу Маркову. По своему положению он был академиком-секретарем Отделения ядерной физики в Президиуме Академии наук СССР — ему часто приходилось и принимать зарубежных ученых в СССР, и выезжать за рубеж. Но дело тут не только в занимаемом положении. М.А. Марков был известным физиком, он был признанным специалистом в области теории

поля, физики элементарных частиц, физики высоких энергий. Он был в состоянии оценить значение работ Ю.А. Гольфанда и осознать его бедственное положение. Не от Маркова зависело предоставить Гольфанду работу или разрешить выезд из СССР. Тем не менее, М.А. Марков начал предпринимать шаги к тому, чтобы предоставить Гольфанду работу.

Разговоры о судьбе Гольфанда приходилось вести и Виталию Лазаревичу Гинзбургу. И зарубежные и отечественные физики выражали ему свое несогласие с увольнением Ю.А. Гольфанда. Другой бы на его месте под действием многочисленных возражений усомнился в справедливости увольнения. Но В.Л. Гинзбург тогда не испытывал никаких сомнений в правомерности увольнения Гольфанда. Он, по-моему, только укреплялся в своем отрицательном отношении к Юрию Абрамовичу. Я помню по своим разговорам с Гинзбургом, что когда заходила речь о Гольфанде, он всегда прибавлял к его имени какое-нибудь ругательное прозвище. Правда, один раз мне сказали, что Гинзбург, в разговоре уже не помню с кем, признал, что Теоретический отдел совершил ошибку, сократив Гольфанда. Но сам я никогда от него ничего подобного не слышал. Он продолжал считать, что Гольфанд был уволен правильно. Уже в самом конце 70-х годов на заседании Ученого совета Теоретического отдела В.Л. Гинзбург — он был председателем Ученого совета — говорил о повседневных делах отдела и неожиданно заговорил о Гольфанде. Он сказал, что Теоретический отдел поступил совершенно правильно, уволив Гольфанда. Почему он заговорил об этом? Трудно сказать. Может быть, у него появились сомнения в своей правоте, и поэтому он высказался на большую для него тему, желая подавить эти сомнения. А может быть, он был убежден в том, что поступил совершенно правильно, высказавшись за увольнение Гольфанда, и хотел лишний раз довести своё мнение до всеобщего сведения.

Поскольку я был не согласен с увольнением Гольфанда, я тогда решил выступить с возражением. Гольфанд уже много лет был безработным, и мои возражения никак не могли ему помочь, но мне казалось необходимым высказать своё мнение. Я сказал, что Гольфанд не был слабей-



шим, что увольнение Гольфанда, то, как оно было проведено, исключало для него возможность найти работу в другом учреждении, и что поэтому сокращение, если уж надо было провести, то следовало его оформить как перевод. В.Л. Гинзбург выслушал мои возражения и ничего мне не ответил. Но следующее заседания Ученого совета (оно состоялось через месяц) началось с того, что В.Л. Гинзбург подошел к тому месту, где я сидел, и, глядя на меня в упор, отчеканил:

— Гольфанд был уволен правильно!

Сказав эти слова, он вернулся на председательское место и открыл заседание Ученого совета. Я на этот раз не возражал.

В 1979 г. группа всемирно известных физиков обратилась с письмом к Президенту Академии СССР А.П. Александрову. Я не помню фамилии авторов, помню только, что среди них было несколько лауреатов Нобелевской премии. Смысл письма был примерно такой: доктор Ю.А. Гольфанд является выдающимся физиком. Однако он более пяти лет не может найти себе работу в Советском Союзе. В то же время его не выпускают за границу. Разберитесь, нужен или не нужен вам доктор Ю.А. Гольфанд. Если нужен, дайте ему работу. Если не нужен, дайте разрешение на выезд.

По-видимому, после этого письма Президиум Академии наук СССР предпринял шаги к возвращению Ю.А. Гольфанда в ФИАН. В то время сделать это было не просто. Доктор физико-математических наук Игорь Михайлович Железных, многолетний сотрудник М.А. Маркова, рассказывал мне, что М.А. Марков ездил в Центральный Комитет КПСС на прием к секретарю ЦК М.В. Зимянину, чтобы получить «добро» на восстановление Гольфанда.

По-видимому, Маркову принадлежит основная инициатива в постановке и решении этого вопроса. Ему удалось убедить сначала А.П. Александрова, а потом М.В. Зимянина в том, что следует вернуть Ю.А. Гольфанда в ФИАН. Зимянин дал свое согласие, и дело было решено.

В один из тех дней я находился в кабинете В.Л. Гинзбурга, когда туда пришел парторг нашего отдела В.Я. Файнберг. Он только что побывал в районном комитете партии и принес оттуда известие, что Гольфанда решено восстановить на работе.

— Придется брать, — сказал он.

— Володя, беру Гольфанда, — сказал В.Л. Гинзбург, — но вы понимаете, наш Отдел находится в трудном положении. У нас работает Сахаров, а теперь еще прибавится Гольфанд. Вы поговорите с Марковым. Может быть, он возьмет Гольфанда в свою группу. Но если он не сможет этого сделать, я его возьму в Отдел.

Я обратил внимание на то, что в этот раз в адрес Гольфанда никакой ругани не последовало. Но только в этот раз. И раньше, и в дальнейшем, если Гинзбург упоминал о Гольфанде, я не помню ни одного случая, когда бы это упоминание не сопровождалось обидным прозвищем.

Возможно, Гинзбург говорил с М.А. Марковым о том, в какой лаборатории будет работать Гольфанд в ФИАНе. Моисей Александрович Марков руководил небольшой группой теоретиков в лаборатории электронов высоких энергий. Он принял Гольфанда в свою группу.

Думаю, что Юрий Абрамович, скорее всего, не согласился бы вернуться в Теоретический отдел.

Перед зачислением в ФИАН Юрию Абрамовичу предложили забрать назад свое заявление о выезде в Израиль. Гольфанд — отказался, но всё же был зачислен. Это был один из тех редких, даже редчайших случаев, когда безработного отказника взяли на работу.

Возвращение Гольфанда в ФИАН почти день в день совпало с высылкой Андрея Дмитриевича Сахарова в город Горький (теперь Нижний Новгород). Так что, число «инакомыслящих» в ФИАНе с возвращением Гольфанда не увеличилось.

Инакомыслящими называют людей, которые думают и ведут себя не так, как все остальные. Если принять, что всё на свете относительно, то название «инакомыслящий» никак нельзя считать удачным. На это обратил мое внимание Натан Агасиевич Корхмазян, профессор Ереванского педагогического института.

— Боря, что это значит — «инакомыслящий»? — спросил он меня однажды.

Я сказал:

— Это человек, который думает иначе, чем все.

— Кто все? — спросил Корхмазян с хитрой улыбкой.

— Ну, все остальные, подавляющее большинство.

— А может быть, не он, а все остальные — инакомыслящие? Они ведь иначе мыслят, чем этот одиночка. Как ты считаешь?

— Я был с ним согласен.

А.Д. Сахарова выслали в город Горький в первые дни 1980 г. До апреля месяца — с января до апреля — никакой официальной информации о Сахарове мы не имели, довольствуясь разными слухами. Неясно было, останется ли Сахаров в ФИАНе или будет уволен. Ходили слухи о возможном исключении его из числа академиков. Ничего определённого не было известно об условиях его жизни и о состоянии здоровья. Заведующего Теоретическим отделом ФИАНа — тем отделом, где А.Д.Сахаров был старшим научным сотрудником, вызывали в разные руководящие инстанции, в том числе в Отдел науки Центрального Комитета партии, в Президиум Академии наук. Руководство страны вырабатывало планы дальнейшего содержания Сахарова в ссылке.

Тем временем были сделаны попытки уволить Сахарова из ФИАНа. Они, по-видимому, исходили из Президиума Академии наук. Сначала позвонили из Отдела кадров Президиума заместителю заведующего нашим отделом старшему научному сотруднику Гелию Фроловичу Жаркову. Состоялся такой фантастический разговор:

— Скажите, пожалуйста, академик Сахаров ходит на работу в ФИАН?

— А вы что, не знаете, что он выслан в Горький? — спросил в свою очередь Гелий.

— Мы знаем, но вы нам скажите, он ходит на работу в ФИАН?

— Не ходит, — вынужден был признать Гелий.

— Пишите рапорт, — с удовлетворением сказал кадровик.

— О чем рапорт?

— Как о чем? О том, что Сахаров не ходит на работу. Тем самым он нарушает внутренний распорядок учреждений Академии наук.

Тут Гелию стало ясно, что Сахарова хотят уволить, причём намерены сделать это руками сотрудников Теоретического отдела. Но не на того напали. Гелий сказал:

— Сахаров не нарушает никаких правил. В Правилах внутреннего распорядка не сказано, что академик обязан каждый день ходить на работу.

Эта атака была отбита и больше не повторялась.

Примерно в то же время директор ФИАНа академик Н.Г. Басов поручил своему заместителю Сергею Ивановичу Никольскому подготовить приказ об увольнении А.Д. Сахарова, и примерно на том же основании — Сахаров проживает в городе Горьком и потому не может выполнять свои обязанности в ФИАНе. С.И. Никольскому очень не хотелось готовить такой приказ. Он позвонил в Президиум Верховного Совета и попросил сообщить ему номер и дату указа о высылке Сахарова в Горький, а если можно, то и прислать полный текст этого указа. Он сказал, что готовится приказ об увольнении Сахарова, и в приказе надо сослаться на этот документ. Все газеты сообщали о том, что А.Д. Сахаров выслан в Горький по указу Президиума Верховного Совета СССР, но нигде этот указ опубликован не был.

Просьба С.И. Никольского вызвала лёгкое замешательство. Ему обещали сообщить всё, о чём он просил, но не сейчас, а позднее. И ничего позднее не сообщили, потому что указ такой не существовал в природе. На этом основании, а точнее говоря, ввиду отсутствия всяких оснований С.И. Никольский не стал готовить приказ об увольнении Сахарова из ФИАНа.

В апреле появилось распоряжение по Академии наук, подписанное Президентом, академиком А.П. Александровым. Это распоряжение положило конец неопределённости в отношениях А.Д. Сахарова и Академии наук. Сахаров остался сотрудником Теоретического отдела ФИАНа, и были разрешены поездки сотрудников института в Горький к Сахарову, для научных обсуждений и обмена научной информацией.

Я думаю, что сохранение А.Д. Сахарова в качестве сотрудника Отдела и возможность общаться с ним были включены в распоряжение благодаря усилиям Виталия Лазаревича Гинзбурга.

Для Андрея Дмитриевича Сахарова визиты ФИАНовских физиков давали единственную возможность живого обсуждения интересующих его проблем с живыми людьми.

ми. Горьковских физиков к Сахарову не допускали. Поэтому Андрей Дмитриевич ценил эти не слишком частые визиты. В своих письмах из ссылки в Теоретический отдел он иногда просил, чтобы к нему командировали специалиста по такой-то и такой-то проблеме, и называл фамилию того, с кем бы он хотел провести обсуждение. Несколько раз за те семь лет, что он провел в Горьком, А.Д. Сахаров просил, чтобы к нему прислали Ю.А. Гольфанда. Но Гольфанд ни разу не был командирован в Горький. Руководство Теоретического отдела, по моему мнению, вины за это не несёт. Гольфанд не был сотрудником Теоретического отдела, и вообще, вопрос о поездке того или иного теоретика в Горький к Сахарову решался не в Теоретическом отделе и даже не в дирекции института, а какой-то другой инстанции — догадайтесь, в какой.

После того как Юрий Абрамович снова начал работать в ФИАНе, я стал видеть его более или менее регулярно. Как правило, я встречался с ним по средам. В среду в конференц-зале ФИАНа собирался семинар по теоретической физике под руководством академика В.Л. Гинзбурга. Заседания семинара начинались в 10 часов утра и заканчивались в 12 часов дня. После этого в том же конференц-зале начинался семинар под руководством академика М.А. Маркова. Я ходил на семинар В.Л. Гинзбурга, а Юрий Абрамович — на семинар М.А. Маркова. Выходя из зала после окончания семинара Гинзбурга, я почти всегда встречал Юрия Абрамовича. Он ждал начала своего семинара. Обычно Юрий Абрамович стоял не один, а в группе, состоявшей из участников семинара Маркова. Я всегда с ним здоровался, и он, как мне казалось, холодно мне отвечал, без той приветливой улыбки, которая была для него характерна до увольнения. Я понимал причину этой холодности и каждый раз чувствовал себя виноватым. В тот коридор, где размещался Теоретический отдел, Гольфанд не заходил. По крайней мере, я его там не видел после его возвращения в ФИАН.

21 мая 1981 г. Андрею Дмитриевичу Сахарову исполнилось 60 лет. Свое 60-летие он встречал в горьковской ссылке, изолированный и от друзей, и от родных, и от единомышленников, и от коллег по работе. Группа правозащитников решила в честь этой даты выпустить юбилейный

сборник, а в сборнике поместить материалы, связанные с жизнью и деятельностью А.Д. Сахарова — статьи, посвященные различным сторонам его многогранной деятельности, поздравления от работников науки и культуры и другие материалы, так или иначе связанные с личностью юбиляра. Сборник готовили в обстановке секретности, чтобы власти не помешали и не сорвали выпуск. Поздравительная эта книга под названием «Сахаровский сборник» вышла за рубежом в издательстве «Хроника». В нее включены материалы, предоставленные тридцатью тремя авторами.

Среди авторов — писатели и поэты (Лидия Чуковская, Владимир Корнилов, Георгий Владимов, Владимир Войнович, Семен Липкин, Виктор Некрасов, Раиса Орлова, Лев Копелев и др.), правозащитники (Анатолий Марченко, Софья Каллистратова, Лариса Богораз и др.), научные работники (Борис Альтшулер, Валерий Сойфер и др.).

В этом сборнике помещена также статья Ю.А. Гольфанда о работах А.Д. Сахарова по фундаментальным проблемам физики. Писать об этом было трудно, потому что, с одной стороны, вклад А.Д. Сахарова в современную физику очень значителен, а с другой стороны, некоторые статьи Андрея Дмитриевича, посвященные важным проблемам физики, не до конца были поняты даже специалистами. Юрий Абрамович старался написать свою статью так, чтобы значение работ А.Д. Сахарова стало понятно широкому кругу читателей, в том числе и не имеющих естественнонаучного образования.

Написать доступную статью о работах А.Д. Сахарова по физике было трудным делом. Но были и трудности другого рода, даже можно сказать не трудности, а реальные опасности. Требовалось немало мужества для того, чтобы стать одним из авторов этого сборника. Авторство в «Сахаровском сборнике» могло повлечь за собой увольнение с работы. А ведь Юрий Абрамович только-только получил возможность работать после шести лет безработицы. Да и другие ещё более неприятные последствия никак нельзя было исключить. Юрий Абрамович ничего этого не убоялся. И удивительное дело — ни к каким видимым неприятным последствиям публикация в «Сахаровском сборнике» не привела. А через несколько лет Юрий Абрамович совершил еще один поступок, который запросто мог привести

к увольнению. Он поехал в Якутию, в местечко Кобяй, расположенное в нескольких стах километров от Якутска. Там отбывал свою ссылку после семи лет лагеря известный правозащитник, хороший физик и замечательный человек Юрий Фёдорович Орлов. Добраться до Орлова было нелегко. Надо было лететь шесть тысяч километров от Москвы до Якутска. От Якутска надо было лететь другим самолётом ещё несколько сотен километров до Сангара, а в Сангаре пересесть на третий самолёт, летящий в Кобяй. Бывало так, что в Якутске приходилось долго ждать самолёта на Сангар, а в Сангаре — на Кобяй, так что дорога в Кобяй (или обратно) могла занять неделю. Но не это было главной трудностью. Все, кто навещал Юрия Орлова, попадали в поле зрения службы государственной безопасности с вытекающими отсюда последствиями.

В 1974 г. в Кобяй к Орлову приехал его друг и коллега, доктор физико-математических наук Евгений Куприянович Тарасов. Женя Тарасов был моим однокурсником (и моим другом), мы вместе учились на физическом факультете МГУ. Он был теоретиком высокой квалификации по проблемам ускорения заряженных частиц. Но это в науке он был теоретиком. А в повседневной жизни он был удивительный мастер на все руки, мог сваривать металл, паять, вытачивать деревянные детали любой формы и много чего ещё он умел, поражая нас, безруких. И Женя Тарасов был верным другом. Он не побоялся навестить своего ссыльного товарища, хотя работал в ИТЭФе — закрытом институте системы Главатома. У Жени Тарасова были в связи с этим неприятности.

А у Юры Гольфанда всё обошлось. Но, я думаю, что все его поступки сразу же становились известны тем, кому ведать надлежит. По-видимому, было решено его не трогать. Ведь Юра был взят на работу в ФИАН по распоряжению самого Зимянина, секретаря ЦК КПСС.

Поздней осенью 1984 г. Ефим Фрадкин и я были командированы в город Горький к Андрею Дмитриевичу Сахарову. В течение нескольких месяцев до нас из Горького не доходило никаких сведений о Сахарове. Точнее говоря, ходили разные слухи, но ничего достоверного не было известно. Мы слышали, что летом А.Д. Сахаров объявил голодовку и после этого все контакты с ним пресекались влас-

тями. Ничего не было известно ни о нём, ни о Елене Георгиевне. Недостаток информации восполняется избытком слухов. В частности, ходили слухи о том, что для воздействия на А.Д. Сахарова применялись психотропные средства. В связи с этим многие тревожились и опасались, что такое «лечение» может привести к деградации личности. Наконец, в ноябре была разрешена поездка к нему.

Мы побывали у Андрея Дмитриевича, он рассказал о том, что произошло в летние месяцы — о голодовке, принудительном кормлении, о болезни Елены Георгиевны. Очень тяжело было всё это слышать. Но главное, что я вынес из нашей поездки, было то, что Андрей Дмитриевич, хотя и ослабел после голодовки, однако остался прежним Андреем Дмитриевичем, которого мы все почитали и любили.

Сахаров, когда мы прощались с ним, просил передать привет Гольфанду. Вернувшись в Москву, я собирался разыскать Юрия Абрамовича и выполнить просьбу Андрея Дмитриевича. Но искать Гольфанда не пришлось. Я встретил его в коридоре нашего Отдела. Он разыскивал меня, чтобы расспросить о поездке — о Сахарове. Я передал ему привет и подробно рассказал обо всём, что видел и слышал. Он выслушал мой рассказ с явным волнением, почти не задавая вопросов.

Мне кажется, что с этого дня опять началось наше сближение. Он более приветливо стал со мной здороваться, иногда мы перекидывались несколькими словами. А спустя несколько месяцев Юрий Абрамович передал мне письмо от Юрия Фёдоровича Орлова. В то время Орлов уже отбыл полный срок (семь лет) в лагере строгого режима и находился в ссылке в Якутии (в городке Кобяй). Он переписывался с Гольфандом и, не зная моего адреса, послал Гольфанду письмо, адресованное мне. Юра (Орлов) писал о том, как он живёт в ссылке, о своих повседневных заботах и о том, что не перестал заниматься наукой. Он написал, в частности, что его интересует формулировка квантовой механики в виде интегралов по путям. Я разыскал книги, относящиеся к интересующим его проблемам, собрал посылочку и отправил ему. Книги Фейнмана, посвященной интегралам по путям, у меня не было, эту книгу охотно передал для Ю. Орлова мой друг Владимир Павло-



вич Быков из Института общей физики (ИОФАН). Вложил я в посылочку и написанную мной книжку «Оливер Хевисайд» с биографией этого замечательного ученого. Так началась наша переписка.

Через некоторое время пришёл ответ от Орлова. В письмо он вложил свою работу по многозначной логике. Это была очень интересная работа. В труднейших условиях, находясь в заключении, сначала в лагере, а потом в ссылке, Орлов разработал красивую теорию, относящуюся к логике высказываний. Двухзначная логика построена на двух возможных ответах на любой вопрос — «да» и «нет». Как сказано в Библии: «Твое *да* пусть будет *да*, твое *нет* пусть будет *нет*, а что сверх того, то от лукавого». Но в реальной жизни встречаются не только эти два ответа — «да» и «нет», а также и многие «промежуточные» ответы, например: «да», «скорее всего, да», «пожалуй, да», «ни да, ни нет», «пожалуй, нет», «скорее всего, нет» и, наконец, решительное «нет». И вот Орлов построил теорию систем с непрерывной градацией ответов между «да» и «нет», уподобив их квантовым системам с непрерывным спектром. Это была очень интересная работа. Юра Орлов писал, что эта работа передана академику М.А. Маркову для ознакомления и просил меня узнать у Маркова, можно ли ее опубликовать. Я думаю, что свою статью, о которой идёт речь, он переслал Гольфанду, а тот передал её Маркову.

М.А. Марков был академиком-секретарем Отделения ядерной физики АН, и была у меня робкая надежда, что он сможет оказать помощь в публикации статьи Ю.Орлова. Я пошёл к М.А. Маркову, чтобы узнать, может ли он оказать помощь в публикации статьи. Моисей Александрович сказал мне, что он передаст статью на отзыв квалифицированному физику и потом, с учётом этого отзыва, будет решать вопрос о публикации. И, действительно, он передал статью Славе Муханову, одному из сотрудников своей группы. Отзыв Муханова был вполне положительным.

Обо всем этом я написал Юре Орлову. Моё сообщение обрадовало его. Он прислал мне письмо, в котором выразил своё удовлетворение ходом событий. Заодно, он спросил меня, какое у меня сложилось мнение о его статье. И тут я поступил далеко не лучшим образом. Я написал Юре,



Ю.И. Кулаков, Ю.А. Гольфанд, Ю.С. Владимиров.

Снимок сделан в Сочи во время весенней школы  
по основаниям физики в 1989 г. (Из архива Ю.С. Владимирова.)

что мне требуется некоторое время, чтобы лучше разобраться в его работе. А надо было в письме расхваливать статью. Дело в том, что вся переписка Орлова, без сомнения, просматривалась местным руководством. Для местного руководства Орлов был ссыльным антисоветчиком. А Юрий Фёдорович Орлов был выдающимся физиком, желательнее было бы, чтобы это поняли те, кто по должности читал чужие письма. Тогда, возможно, отношение к Орлову в Якутии хоть на малую долю изменилось бы в лучшую сторону.

Я время от времени приходил к М.А. Маркову и справлялся, насколько продвинулось дело с публикацией статьи Ю. Орлова. Как правило, я приходил к окончанию семинара М.А. Маркова, когда участники выходили из конференц-зала. Обычно Марков выходил из конференц-зала в сопровождении нескольких человек, с которыми он продолжал обсуждать проблемы, затронутые на семинаре. Я терпеливо ждал того момента, когда Марков останется один, чтобы подойти к нему и узнать новости относительно статьи Ю. Орлова. Иногда мне так и не уда-

валось поговорить, и я уходил не солоно хлебавши. Но несколько раз было так, что Юрий Абрамович Гольфанд, увидев, как я терпеливо жду в сторонке, подходил ко мне, брал меня под руку и подводил к Маркову, так что тот меня замечал, и мне удавалось тогда что-то узнать и сообщить Ю. Орлову.

Так я узнал, что М.А. Марков взял статью Орлова, приложил к ней отзыв В. Муханова и передал всё это вице-президенту Академии наук Е.П. Велихову вместе с сопроводительной бумагой. В бумаге была просьба к Велихову либо разрешить публикацию статьи Орлова, либо направить её на хранение (депонирование) в Институт научной информации, где к статье был бы свободный доступ. Марков мне сказал, что статья Орлова вместе с сопроводительными бумагами лежит на столе у Велихова, и он, Марков, регулярно напоминает Велихову о том, что вопрос ждёт своего решения.

— Я это дело добью, — пообещал М.А. Марков.

Я об этом написал Юре Орлову.

Вскоре произошла Чернобыльская катастрофа, и Е.П. Велихов уехал из Москвы в Чернобыль на борьбу с последствиями этой катастрофы. Статья Ю. Орлова осталась лежать у него на столе. Потом Велихов вернулся, и я опять пошёл к М.А. Маркову, чтобы узнать положение дел. И Моисей Александрович мне сказал, что за время отсутствия Е.П. Велихова статья Орлова потерялась, исчезла со стола. Честно говоря, я был очень огорчён и потерял веру и в Маркова и в Велихова. Конечно, узнав обо всём этом, Орлов тоже не обрадовался.

Примерно через месяц после этого мне позвонил Моисей Александрович Марков. Он сказал, что появилась возможность опубликовать статью Орлова, но только у него нет ни одной копии. Он спросил, нет ли копии у меня. У меня был один экземпляр, присланный мне автором, я его немедленно привёз и передал Маркову. Но из этого тоже ничего не получилось. И у меня уже не было ни одного экземпляра статьи.

Много лет спустя Олег Петрович Бегучев, учёный секретарь Отделения ядерной физики, рассказал мне, что Марков, действительно, договорился о публикации статьи с редакцией журнала “Автоматика и телемеханика”. Он

передал туда экземпляр статьи, полученный от меня, но и там статья не прошла, и только потому, что её автор был ссыльным поселенцем.

Удивительное дело! М.А. Марков, уважаемый, известный человек, академик-секретарь Отделения ядерной физики, вхожий к государственным деятелям самого высокого ранга, не смог продвинуть в печать очень интересную работу. Не смог или не очень хотел, опасаясь обвинений в том, что заботится о человеке, осуждённом по политической статье.

Вскоре ссылка Ю.Ф. Орлова закончилась досрочно: его обменяли на нашего разведчика, арестованного в США. Тем самым вопрос о публикации статьи по многозначной логике был снят с повестки дня.

В ходе этой истории я все новости рассказывал Ю.Гольфанду. Он слушал, но воздерживался от советов и комментариев. Я думаю, он все детали этого дела знал не хуже меня.

Несколько раз за это время Юрий Абрамович приходил в мой крошечный кабинетик, который я занимал в Теоретическом отделе. Он не очень охотно приходил в Теоретический отдел, каждый раз приходилось его уговаривать. Я заваривал чай, мы сидели и разговаривали. Он, конечно, сильно изменился за время вынужденной безработицы. Лицо его погрустнело, он меньше, чем раньше, улыбался. У меня возникло впечатление, что он стал религиозным человеком или, во всяком случае, начал изучать основы религии. Он не отказался от желания уехать в Израиль, не забрал назад своего заявления на выезд и ждал того времени, когда выезд станет возможен. Однажды, когда зашла об этом речь, он сказал мне:

— Боря, вам тоже следует уехать в Израиль.

Я сказал:

— Кому я там нужен?

И Юра ответил мне:

— Вы Богу нужны.

Я начал называть его по имени — Юра, а он и раньше звал меня по имени. Тем не менее, обращались мы друг к другу на Вы. Я узнал от него, что его собираются выдвинуть или уже выдвинули кандидатом на получение Нобелевской премии за суперсимметрию.

В 1989 г. Ю.А. Гольфанду и Е.П. Лихтману за работы по суперсимметрии была присуждена Премия имени И.Е. Тамма по теоретической физике. Эта премия была учреждена Президиумом АН СССР после кончины Игоря Евгеньевича Тамма. Для присуждения премии была создана экспертная комиссия. Председателем экспертной комиссии по премии И.Е. Тамма был утвержден академик Виталий Лазаревич Гинзбург. Премия присуждалась один раз в несколько лет (кажется, раз в три года). И вот на заседании Учёного совета Теоретического отдела ФИАН доктор физико-математических наук Владимир Иванович Ритус выдвинул на Таммовскую премию работы Гольфанда и Лихтмана по суперсимметрии. Его поддержал Евгений Львович Фейнберг. В своё время Е.Л.Фейнберг выступил за увольнение Гольфанда, но довольно скоро пришёл к выводу, что это увольнение явилось ошибкой с тяжёлыми последствиями. В.Л. Гинзбург на заседании не присутствовал. Гольфанда он не любил, относился к нему плохо, по этой причине не считал возможным голосовать «за», но и голосовать против тоже не хотел. Несомненно, работы Гольфанда и Лихтмана заслуживали столь высокой премии. Так или иначе, Ученый совет Теоретического отдела единогласно выдвинул Гольфанда и Лихтмана на Таммовскую премию. Владимир Иванович Ритус, по инициативе которого было принято это решение, рассказывал мне, что спустя несколько дней после заседания Ученого совета к нему подошёл В.Л. Гинзбург и сказал:

— Учтите, Володя, я злопамятный.

Однако ни к каким последствиям для Ритуса это замечание не привело.

Дальше, решение Ученого совета Теоретического отдела было утверждено Учёным советом ФИАНа и поступило в экспертную комиссию по присуждению премии имени И.Е. Тамма. Председателем этой комиссии был, как уже сказано, В.Л. Гинзбург. Работы Гольфанда и Лихтмана были поставлены на обсуждение, но на том заседании, где проводилось обсуждение, В.Л. Гинзбург не присутствовал. Он незадолго до назначенного заседания уехал из Москвы, не помню точно, в отпуск или в командировку. Он предпочёл не участвовать в обсуждении. Комиссия единогласно присудила Гольфанду и Лихтману премию име-

ни И.Е. Тамма, и это было вполне справедливо. Решение комиссии было, конечно, запоздалым признанием, но всё же это было признанием.

Дальше это решение должно было пройти утверждение Президиума Академии наук. Виталий Лазаревич Гинзбург, как председатель экспертной комиссии по премии И.Е. Тамма, должен был выступить с докладом о решении комиссии. Он свой доклад сделал таким образом, что решение было утверждено. Премия имени И.Е. Тамма была вручена в торжественной обстановке на общем собрании Академии наук. Это было очень необычное событие. Был награждён человек, уволенный с работы по сокращению штатов, безработный в течение семи лет, отказник с семилетним стажем и диссидент.

Интересно отметить, что в начале 90-х годов в Объединённом институте ядерных исследований в Дубне происходило выдвижение на Государственную премию лучших работ по теоретической физике. Было признано, что в число основных достижений последнего времени вошло открытие и развитие суперсимметрии. Предполагалось выдвинуть на премию нескольких физиков, и в их числе Дмитрия Васильевича Волкова, известного физика-теоретика, работавшего в Харьковском физико-техническом институте.

Д.В. Волков пришёл к идее суперсимметрии примерно в одно время с Ю.А. Гольфандом, хотя и опубликовал свои результаты позднее. Никакой конкуренции между ними не было, Волков поддерживал с Гольфандом дружеские отношения. Приведу здесь отрывок из воспоминаний жены Д.В. Волкова, Сталины Ивановны Волковой:

«В конце 90-х годов дубнинцы, в частности В.И. Огиевецкий, предложили Диме [Д.В. Волкову. — Б.Б.] подать заявку на выдвижение работ по суперсимметрии. Дима сразу спросил, внесён ли в список выдвигающихся на премию Ю.А. Гольфанд. Ответ был отрицательный. Дело в том, что Гольфанд в эти годы уже уехал в Израиль, в Москве он не был востребован должным образом. В Израиле преподавал физику в Иерусалимском университете. Когда Дима узнал, что Гольфанда не включают в список представленных на премию, он отказался участвовать в номинации».

Воспоминания С.И. Волковой, из которых приведён этот отрывок, опубликованы в недавно вышедшей книге

«Дмитрий Васильевич Волков. Статьи, очерки, воспоминания» (Харьков: Изд-во Тимченко А.Н., 2007). Видимо, после отказа Д.В. Волкова выдвижение не состоялось.

В середине 1990 г. Гольфанд получил разрешение на выезд в Израиль и через несколько месяцев вылетел туда с женой и двумя дочками. В день их отлёта я приехал в аэропорт Шереметьево, чтобы проститься с ним. Его друзья и коллеги простились с ним днём раньше, но и в аэропорт приехало немало провожающих. Юра познакомил меня с Наташей, своей женой, и с двумя дочками. Мы с ним немного прошли перед зданием аэропорта и помолчали вместе. Он был серьёзен и задумчив, у него был усталый вид. Я помню, кто-то из отъезжающих вёз с собой попугая в клетке. Попугай сидел нахохлившись на жердочке и время от времени медленно, с задумчивым видом, поворачивал голову налево, несколько минут сидел с головой, повернутой влево, потом медленно поворачивал голову в прежнее положение и смотрел прямо перед собой, затем так же медленно поворачивал голову направо. Юра тогда чем-то был похож на этого попугая. Он так же медленно поворачивал голову и застывал в задумчивости. Я пожелал ему и всему семейству мягкой посадки и благополучия в Израиле, и мы попрощались. По дороге домой из Шереметьева я думал о том, сколько трудностей досталось на долю Ю.А. Гольфанда и его семейства, и от души желал, чтобы на новом месте они обрели мир и спокойствие.

Мы снова встретились с ним в мае 1991 г. в Москве, в ФИАНе, где проходила первая международная Сахаровская конференция по физике. Юра Гольфанд был приглашен на эту конференцию и приехал в Москву. Я тогда из разговоров с ним вынес впечатление, что не всё у него в Израиле идёт так, как ему хотелось бы. В частности, он ещё не имел работы. Но вопрос о работе решился прямо на конференции. Одним из участников Сахаровской конференции был министр науки Израиля известный физик-теоретик профессор Ювал Неeman. Неeman и Гольфанд встретились на конференции и обсудили вопрос о возможном месте работы для Гольфанда. Ю. Гольфанд уехал из Москвы с надеждой.

Вскоре он занял вакансию в Технионе, всемирно известном научно-исследовательском и учебном заведении. Осе-

нию 1991 г. я был в Израиле, посетил Технион и увидел крепкого, загорелого и счастливого Юру Гольфанда. Он улыбался, просто лучился добродушием. На мой вопрос, как он поживает, Юра сказал:

— Всё хорошо, работа идёт, мне здесь нравится, и я уже начал отдавать долги.

По-видимому, в долги он влез в период безработицы.

Кабинет Юры Гольфанда в Технионе находился рядом с кабинетом Миши Маринова, тоже теоретика и тоже из России. Миша по сравнению с Юрой был уже старожил в Израиле и он охотно помогал Юре войти в новую жизнь. Я был рад повидать их обоих. После моего возвращения в Москву мы переписывались по электронной почте. Юра готовил к печати большую статью для «Трудов ФИАН», и я какое-то время был связным между ним и редакцией.

17 февраля 1994 г. Ю.А. Гольфанд скончался после кровоизлияния в мозг. Мне рассказывали, что он был дома один, когда с ним произошло кровоизлияние. Жена и дочери, вернувшись домой, нашли его лежащим на полу без сознания.

Смерть его явилась для меня и для многих других полной неожиданностью. Это была, можно сказать, смерть на фоне выстраданного благополучия, причём, говоря о благополучии, я имею в виду не только и не столько материальное благополучие (он за этим никогда не гнался), сколько душевное. Наконец-то, Юра получил заслуженное признание, получил возможность спокойно работать, общаться с товарищами по профессии во всем мире...

Когда я думаю о Юре Гольфанде, о его жизни, я часто вспоминаю одно высказывание Андрея Дмитриевича Сахарова. Об этом высказывании я узнал от Бориса Альтшулера. Разговор шёл о том, много ли сможет Андрей Дмитриевич совершить на том пути, на который он встал, как далеко успеет он продвинуться к намеченным и провозглашённым целям. Андрей Дмитриевич сказал примерно следующее: «Надо выбрать дорогу и идти по ней. А какое расстояние ты пройдёшь по этой дороге и когда упадёшь, это от тебя не зависит».

Юрий Абрамович Гольфанд выбрал себе дорогу и шёл по ней. До тех пор, пока не упал. Дорога была трудная. Если бы он с неё свернул, жизнь его, возможно, стала бы



легче и спокойнее. Но он не свернул. Он прошёл по выбранной дороге столько, сколько прошёл. И это был достойно пройденный путь.

В 2012 г. в Израиле вышла книга «Звезды осени моей» (Издательство «Израиль Перец»). Автор — русскоязычный писатель и журналист Борис Эскин. Значительную часть этой книги (более двухсот страниц) занимает рассказ о Юрии Абрамовиче Гольфанде. Я благодарен Наталье Моисеевне Корец-Гольфанд, приславшей мне эту книгу. В статье Бориса Эскина освещаются те детали жизни Юрия Абрамовича, которые мне были неизвестны (жизнь до поступления в ФИАН и после отъезда из Советского Союза). В тексте имеются журналистские перехлесты, к некоторым комментариям автора надо относиться с осторожностью. Но там есть и полезная информация, существенно дополняющая те биографические сведения, которые имеются в моей статье.

### III. ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ ИСТОРИИ

---

Ю.С. ВЛАДИМИРОВ  
*Московский государственный университет  
им. М.В. Ломоносова*

#### ТРЕТЬЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ГРАВИТАЦИОННАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ В ВАРШАВЕ

##### Введение

В этом году (2013) исполняется 100 лет общей теории относительности, если отсчитывать ее создание от публикации в 1913 г. основополагающей статьи А. Эйнштейна и М. Гроссмана «Проект обобщенной теории относительности и теории тяготения» [1], в которой было сказано самое важное: гравитационное взаимодействие обусловлено ис-



В зале заседаний в Яблоннах через 50 лет. Справа в первом ряду Д. Брилл с супругой, левее сидит А. Траутман

кривленностью 4-мерного пространства-времени и описывается компонентами метрического тензора. А в прошлом году исполнилось 50 лет со дня созыва в 1962 г. в Варшаве третьей международной гравитационной конференции, происходившей ровно в середине периода исследований в этой области фундаментальной физики, существенно изменившей наши представления об окружающей нас физической реальности. По этому случаю в июне 2012 г. В Варшаве состоялась встреча теоретиков-гравитационистов, участвовавших в конференции 1962 г. Среди них были Р. Пенроуз (Англия), Д. Брил (США), Дж. Нарликар (Индия), Д. Финкельштейн, Ю.С. Владимиров (Россия), А. Траутман (Польша) и некоторые другие. Этот факт явился веским основанием оглянуться назад и вспомнить, что думали и что ожидали от развития идей общей теории относительности ведущие физики-релятивисты, участвовавшие в работе Варшавской гравитационной конференции в 1962 г.

Случилось так, что к началу 60-х годов в мировом сообществе существенно изменилось отношение к исследованиям в области общей теории относительности и гравитации. Это было обусловлено главным образом мировой эйфорией 50-х годов от успехов в физике и ее приложений в виде создания термоядерного оружия, атомных электростанций, ракетной техники, радиолокации и т. д. Ожидалось, что ситуация и дальше будет развиваться такими же темпами, что вот-вот будут сделаны новые принципиальные открытия в физике, за которыми последует новый виток потрясающих технических приложений. И здесь обратили внимание на теорию относительности и гравитацию, доселе пребывавшую в тени. Все помнили, что теоретическое обоснование огромных источников атомной энергии опиралось на знаменитую формулу Эйнштейна  $E=mc^2$ , следующую из специальной теории относительности, а сам Эйнштейн был не только главным создателем общей теории относительности, но и одним из инициаторов работ по созданию атомного оружия в США. Естественно было ожидать следующего коренного прорыва именно в области эйнштейновской общей теории относительности.

Как и в случае развертывания фронта ядерных исследований, начало интенсивным исследованиям в области

общей теории относительности было положено в США и в Западной Европе. В 1957 г. была созвана первая международная гравитационная конференция в Чепел Хилле (США), затем два года спустя, в 1959 г., состоялась вторая международная конференция в Париже, был создан международный гравитационный комитет с целью активизации и координации исследований в этой области современной физики. Одной из важнейших форм содействия исследованиям в этой области явилось проведение международных гравитационных конференций.

Есть все основания утверждать, что наиболее существенную роль в этом деле сыграла третья международная гравитационная конференция в Варшаве, точнее в Яблонне, в предместье Варшавы, которая состоялась с 25 по 31 июля 1962 г. Это была, пожалуй, самая представительная гравитационная конференция. Среди ее участников были крупнейшие физики-теоретики мира: П. Дирак, Р. Фейнман, Дж. Уилер, Л. Инфельд, П. Бергман, В.А. Фок, Д.Д. Иваненко, Дж. Вебер, Х. Бонди, С. Мандельштам, К. Мёллер и многие другие.



В центре Ю.С. Владимиров, Р. Пенроуз  
(2012 г., Яблонны)

Следует отметить, что немаловажную роль в созыве этой конференции в Польше, в стране тогда входившей в Варшавский блок, руководимый Советским Союзом, сыграло коренное изменение отношения в СССР к теории гравитации. После долгих лет отрицания советскими властями важности общей теории относительности и квантовой теории наконец-то была осознана роль фундаментальных исследований в области физики. В 1961 г. в СССР на базе Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова была проведена первая советская гравитационная конференция, в которой приняли участие ученые из Польши и ряда других стран. В СССР вслед за созданием международного гравитационного комитета была создана комиссия (а затем секция) по гравитации при Министерстве высшего и среднего образования, призванная координировать исследования по гравитации и теории относительности в стране. В Варшавской гравитационной конференции впервые участвовала делегация из десяти советских ученых. Это уже тогда казалось много, по сравнению с тремя участниками на предыдущих конференциях.

## **1. Вступительное слово председателя оргкомитета Л. Инфельда**

Председателем оргкомитета Варшавской гравитационной конференции был Леопольд Инфельд (1898–1968), который, работая в 1936–1938 гг. в Принстонском институте перспективных исследований, сотрудничал с А. Эйнштейном и написал с ним книгу «Эволюция физики». С 1950 г. он, вернувшись в Польшу, возглавлял кафедру теоретической физики Варшавского университета а также являлся директором Института теоретической физики.

Варшавская конференция открылась приветственным словом профессора Л. Инфельда. Приведу текст его выступления, любопытного в ряде отношений.

«Дорогие друзья,  
то, что мне пришлось открыть нынешнюю конференцию, посвященную вопросам гравитации, доставляет мне большое удовольствие.

Будем ли мы ее считать четвертой или другой встречей, — зависит от того, ведем ли мы счет, на-



Ю.С. Владимиров, Д. Брилл, Дж. Нарликар (2012 г., Варшава) через 50 лет после третьей международной гравитационной конференции в Варшаве–Яблонны

чиная с первой конференции в Берне или от момента создания нашей организации. Я считаю, что когда большинство из нас употребляет научный термин “теория тяготения”, то это относится к общей теории относительности, возраст которой уже полвека. Правда, мне трудно было бы точно определить этот возраст, ибо не знаю, должны ли мы его отсчитывать от опубликования Эйнштейном первой статьи в 1911 г. или же от статьи 1916 г., которая является основоположением теории. Во всяком случае, ученые проявили самый большой интерес к этой области в двадцатые годы нашего столетия.

Зато в 1936 г., когда у меня были непосредственные связи с Эйнштейном в Принстоне, я мог наблюдать почти полное исчезновение этого интереса.

Количество физиков, которые в Принстоне занимались проблематикой поля, можно было без труда пересчитать на пальцах одной руки. Я помню, что очень немногие из нас встречались в кабинете покойного профессора Робертсона, а потом и эти

встречи прекратились. На нас, работавших в области поля, физики других специальностей смотрели исподлобья. Сам Эйнштейн часто мне говорил: “Здесь в Принстоне меня считают старым дураком”. Это положение оставалось неизменным почти до момента смерти Эйнштейна. Теория относительности была не в очень высокой цене на “западе”, на нее кривились и на “востоке”.

Однако положение изменилось коренным образом в последние несколько лет.

Двадцать лет тому назад люди считали, что теория относительности завершена и не может уже представить новых проблем. Внезапное возрождение общей теории относительности и новый интерес, проявляемый к ней многими молодыми людьми, вызваны несколькими причинами. Я бы хотел упомянуть здесь о некоторых из них.

Во-первых, я считаю, что наши встречи, имеющие место каждые два года, которые начались с конференции в Берне, явным образом способствовали усилению интереса проблематикой тяготения. С другой стороны, я отдаю себе отчет в том, что эти встречи являются в то же время признаком этого возросшего интереса.

Другая причина — это несомненно то, что мы теперь знаем гораздо больше о математической структуре теории относительности. В самом деле, горизонты нашего познания значительно расширились, в чем мы обязаны прежде всего работам молодых ученых.

Достигнутый прогресс может быть отмечен в области гравитационных волн и квантования гравитационного поля. Это и есть самые главные проблемы на сегодняшний день, и я надеюсь, что им будет посвящено большинство дискуссий на нынешней конференции.

Наконец, но отнюдь не из-за меньшего значения, — это экспериментальные доказательства, подтверждающие общую теорию относительности. Они значительно расширились благодаря эффекту Мёссбауэра, и это позволяет нам увидеть раскрывающиеся возможности наблюдений новых эффектов при помощи искусственных спутников.

Однако, как бы мы не ценили работу молодых, мы не должны забывать про тех старших коллег, которые нас покинули и которые своей работой

содействовали делу развития общей теории относительности.

Среди тех, которые живут в моей памяти, но которые ушли от нас уже после конференции в Руаймоне, мне бы хотелось назвать Макса фон Лауэ, Х.П. Робертсона и Э. Шрёдингера.

В ранние двадцатые годы профессор Лауэ написал двухтомный труд, посвященный общей теории относительности, который изучали многие физики. Профессор Шрёдингер, известный прежде всего как создатель волновой механики, в последние годы своей жизни много работал над унифицированной теорией тяготения. Профессор Робертсон, потерю которого я воспринял самым личным образом, своим трудом обогатил космологию и общую теорию относительности.

Прошу Вас статью и минуту молчания почтить память этих людей.

Спасибо»

Отмечу, что на этой конференции Л. Инфельд выглядел очень пожилым, уставшим человеком. Со специальным докладом или в дискуссиях он не выступал. Мне показалось, что он проявлял особую заботу о соблюдении перерывов на кофе-брейк или ланч.

Подобные же надежды на перспективы исследований в области общей теории относительности и гравитации были высказаны в приветственном слове от имени Польской Академии наук: «Благодаря эйнштейновской постановке вопроса, теория гравитации принадлежит к самым принципиальным проблемам, решение которых и связь с квантовой физикой двинуло бы науку семимильными шагами вперед к полной интеграции современной физики и к лучшему овладению тайнами природы человеческим гением». (...) «Последние годы принесли многообещающие результаты нашей работы и можно надеяться, что дебаты и обмен взглядами во время нашей конференции будут очень полезны как для подведения итогов уже достигнутых результатов, так и для определения направлений дальнейших поисков».

## **2. Основная тематика докладов на конференции**

В работе каждой международной или национальной гравитационной конференции можно выделить главные,





В зале заседаний третьей международной гравитационной конференции (1962 г., Яблонны). В первом ряду слева направо: Л. Инфельд (Польша), В.А. Фок (СССР), Дж. Синг (Ирландия), Дж. Андерсон (США), ?, Р. Пенроуз (Англия), Б. Гофман. (Фото автора)

Группа участников в перерыве между заседаниями.  
*Слева* В.Л. Гинзбург (СССР), *в центре* Н.В. Мицкевич (СССР), *правее* П. Бергман (США), Н. Розен (Израиль). (Фото автора)



наиболее актуальные для того времени проблемы. Назову главные проблемы, отраженные в пленарных докладах на Варшавской гравитационной конференции.

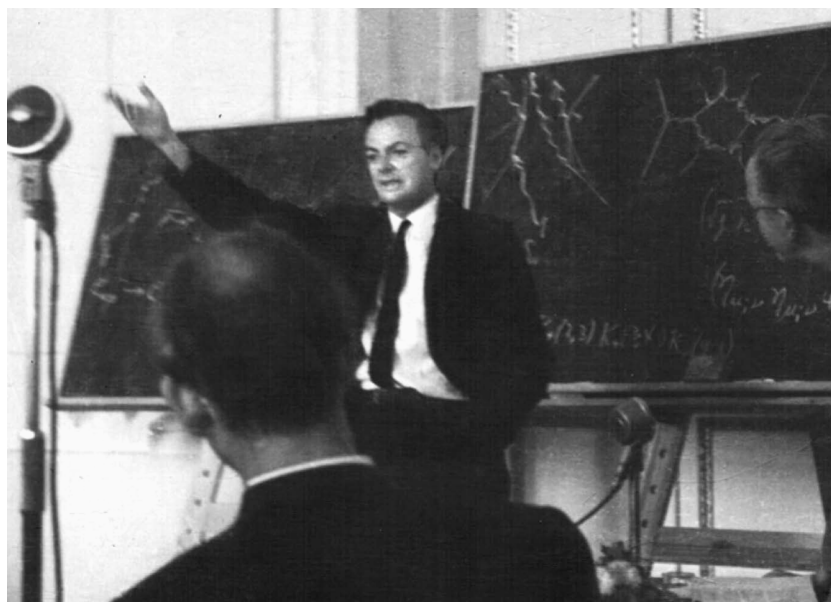
Прежде всего хотелось бы назвать проблему **квантования гравитации**, под которой следует понимать попытки совмещения принципов общей теории относительности и квантовой теории поля. Эти две теории составляли базис фундаментальной теоретической физики всего XX столетия и трудно примириться с мыслью, что они навсегда должны основываться на принципиально разных понятиях и закономерностях. По этой тематике были сделаны следующие пленарные доклады: Р. Фейнман «Квантовая теория гравитационного поля», Б. ДеВитт «Квантование геометрии» и С. Мандельстам «О квантовой теории гравитации». Эта проблема активно обсуждалась также на секционных заседаниях и в кулуарах.

Заметим, что несмотря на затраченные огромные интеллектуальные усилия, эта проблема так и не была решена за последующие 50 лет и по-прежнему остается одной из важнейших задач фундаментальной теоретической физики.

Другой актуальной проблемой был **гравитационный эксперимент**. Несмотря на обстоятельно развитый математический аппарат как 50 лет назад, так и сейчас, общая теория относительности опирается на довольно слабую экспериментальную базу, а от нее ожидалось существенные практические приложения. Сделанные доклады делились на две части: на эксперименты в неволновой зоне и эксперименты по поиску гравитационного излучения.

По **гравитационным экспериментам в неволновой зоне** выступили В.Л. Гинзбург с докладом «Экспериментальные проверки общей теории относительности» и Л.И. Шифф с докладом «Предложение эксперимента с гироскопом для проверки общей теории относительности». Отметим, что предложенный Шиффом эксперимент удалось осуществить только в 2000-х годах. По опубликованным данным он подтверждает выводы общей теории относительности в метрике, создаваемой вращающимся источником (Землей).

Значительное внимание на конференции было уделено **вопросу обнаружения гравитационных волн**. На этой кон-



Р. Фейнман выступает с докладом (1962 г., Яблонны). (Фото автора)

Б. ДеВитт выступает на конференции (1962 г., Яблонны). (Фото автора)



ференции выступил Дж. Вебер с объявлением о начале своих экспериментов по обнаружению гравитационных волн от внеземных источников. С сообщением о проектах советских экспериментов В.Б. Брагинского и Рукмана сделал сообщение Д.Д. Иваненко.

К этой тематике относился ряд докладов по теоретическому описанию гравитационных волн. По этому вопросу выступили Ч. Мизнер «Волны, ньютоновы поля и функции координат» и Х. Бонди «Излучение изолированных систем».

Более подробно история поиска гравитационных волн изложена ниже в разделе о Дж. Вебере и его эксперименте.

К вопросам квантования гравитации и описания гравитационных волн непосредственно примыкает **проблема с законами сохранения в общей теории относительности**. Можно даже сказать, что названные три проблемы образуют единый блок, когда решение одной из них существенно продвинет решения двух других. По этой проблеме выступили с докладами К. Мёллер «Законы сохранения и абсолютный параллелизм в общей теории относительности», Е. Плебаньский «Тетрады и законы сохранения» и В.А. Фок «Единственность тензора энергии-импульса и уравнения Эйнштейна».

В настоящее время эта проблема уже видится в существенно ином свете по сравнению с 60-ми годами. Сейчас стало ясно, что законы сохранения энергии и импульса имеют место лишь при наличии соответствующих симметрий пространства-времени. Для решения корректно поставленных задач в рамках общей теории относительности наличие законов сохранения не требуется. Проблемы возникают лишь при попытках решения некорректно поставленных задач в рамках этой теории, к каковым и относятся названные выше проблемы квантования гравитации и гравитационных волн. Это еще более поднимает важность решения проблемы совмещения принципов общей теории относительности и квантовой теории.

Другой блок обсуждавшихся проблем составляют **вопросы интерпретации и обобщений эйнштейновской теории гравитации**. По этой тематике состоялись доклады Дж. Синга «Релятивистская интерпретация и модификация ньютоновых моделей», П. Бергмана «Асимптотические свойства

гравитационных систем», Дж. Уилера «Принцип Маха как граничное условие для уравнений Эйнштейна».

В связи с обсуждением этого блока проблем важно отметить, что исследования в области общей теории относительности и гравитации имеют дело с самыми сокровенными проблемами мироздания. Здесь ставятся вопросы о природе пространства и времени, образования и строения Вселенной в целом, о связи гравитации и квантовой теории, о соотношении гравитационного с другими видами физических взаимодействий и т. д. Поэтому здесь неизбежно приходится касаться вопросов, ранее входивших в сферу философии и религии. Можно сказать, что многие обсуждаемые на гравитационных конференциях проблемы имеют метафизический характер [2]. Анализ показывает, что исследования в области фундаментальной теоретической физики в XX веке велись в рамках трех метафизических парадигм: теоретико-полевой, представленной квантовой теорией поля; геометрической [3], к которой принадлежит общая теория относительности; и реляционной [4], развиваемой в рамках концепции дальнего действия. Они опираются на принципиально разные идеи и математические методы. В прошедшем столетии значительное внимание уделялось сопоставлению и совмещению принципов теорий из названных парадигм. Это в полной мере отобразилось и в работе Варшавской гравитационной конференции.

Исходя из этого, нам представляется важным сравнительный анализ отношения к сущности, состоянию и к проблемам теории гравитации ведущих в то время физиков-теоретиков и гравитационистов. Постараемся это сделать, используя не только их выступления, но и публикации тех лет.

### **3. П. Бергман о теории гравитации и ее проблемах**

Кроме Л. Инфельда, другим ветераном в области общей теории относительности был в то время Питер Бергман (1915–2002), также сотрудничавший с А. Эйнштейном и написавший с ним в конце 30-х годов ряд статей, в частности, по 5-мерной теории гравитации и электромагнетизма. На Варшавской конференции он выступал с пленарным докладом «Асимптотические свойства гравитирующих систем».

Приведем его мнение о причинах возросшего интереса к теории гравитации: «С 1960 г. число лиц, активно работающих в области общей теории относительности, быстро возрастает. Новая вспышка интереса к теории связана с осознанием идейной мощи теории, с пониманием ее возможностей при применении в других областях физики, с возможностями, открывающимися перед теорией в связи с новыми экспериментальными результатами и новыми данными наблюдений. Не последнюю роль среди этих причин играет и возможное значение общей теории относительности для космических исследований и космических путешествий» [5, с. 10].

Однако он не разделял эйфорию некоторых более молодых исследователей, в частности, настаивающих на правомерности применения ОТО для описания Вселенной в целом. Он писал: «Сохраняют ли свою силу законы общей теории относительности в космологических масштабах или же для крупномасштабной структуры Вселенной существуют какие-то явления, о которых мы сейчас даже и не догадываемся, — все это нельзя выяснить ни путем “чистого мышления”, ни путем чисто эмпирических наблюдений. Проблема может быть решена только сочетанием непрекращающихся усилий по накоплению данных наблюдений и разработке теоретических вопросов» [5, с. 138].

Бергман придерживался осторожных взвешенных позиций и по вопросу построения квантовой теории гравитации. Он писал: «Квантовая теория гравитационного поля требует введения новых представлений, которые были не нужны в прошлом, но появление которых окажет влияние на всю физику» [5, с. 153].

Что касается перспектив развития представлений о пространстве-времени, то он утверждал: «Как и все другие теории, описывающие явления природы, теория относительности несомненно нуждается в усовершенствовании и, быть может, даже полной замене, когда этого потребуют новые сведения о физической Вселенной. Но, не принося окончательного ответа, каждый новый шаг в развитии теории открывает перед человеком новые возможности для понимания окружающего мира... Представление о геометрии как о непрерывно изменяющемся аспекте реального мира, а не как об абстрактной математической струк-

туре — вот тот вклад в понимание природы, который переживет частные особенности эйнштейновских законов тяготения» [5, с. 160].

#### 4. Экстремально геометрические взгляды Дж. Уилера

Всегда были интересны выступления Дж. Уилера (1911–2008), которого я считал физиком-гравитационистом номер один. Он был любимым учеником Нильса Бора, а затем учителем нобелевского лауреата Р. Фейнмана. В последней трети XX века он являлся одним из крупнейших физиков-теоретиков в области фундаментальной теоретической физики.

В Варшаве Дж. Уилер выступал с докладом «Принцип Маха как граничное условие для уравнений Эйнштейна». Существенной чертой его мировоззрения был его постоянный интерес к вопросам реляционного подхода к физике, что проявилось в 40-х годах в его совместных работах с Р. Фейнманом. Эти работы были выполнены в русле принципа Маха. Известно, что после создания общей теории относительности в ряде работ обсуждался вопрос о том, содержится ли принцип Маха в общей теории относительности. Подавляющее большинство гравитационистов справедливо считает, что в геометрической парадигме он отсутствует. Этот принцип является присущим именно реляционной парадигме, однако Дж. Уилер пытался его совместить с содержанием общей теории относительности.

Тем не менее Дж. Уилера следует считать самым видным и последовательным сторонником клиффордской идеи всеобщей геометризации материи (монистической парадигмы в геометрии). Во второй половине



Дж. Уилер  
(1962 г. Фото автора)

XX века он в рамках экстремально геометрического подхода к мирозданию развивал своеобразную теорию, названную геометродинамикой. В его совместной статье с Ч. Мизнером «Классическая физика как геометрия» наиболее четко сформулированы взгляды его школы: «Классическая физика как совокупность теории гравитации, электромагнетизма, некантованного заряда и массы. Все эти четыре понятия описываются с помощью пустого искривленного пространства без каких-либо добавлений к принятой теории» [6, с. 218].

Основные черты этой теории характеризуются Уилером следующим образом: «1) Пространство-время не есть арена для физики, это вся классическая физика. 2) Не существует нуждающихся в объяснении “мировых констант”: ни  $c$ , ни  $G$  ... 3) Не существует “констант связи”, как нет и независимо существующих полей, взаимодействующих друг с другом. Электромагнитное поле не является особым объектом» [6, с. 334]. «Настоящая хорошо установленная исконно единая классическая теория (геометродинамика. — Ю.В.) позволяет описывать с помощью пустого искривленного пространства

- 1) гравитацию без гравитации,
- 2) электромагнетизм без электромагнетизма,
- 3) заряд без заряда,
- 4) массу без массы» [6, с. 229].

Фундаментом теории Уилера является 4-мерное искривленное пространство-время. Как известно, уравнения Эйнштейна допускают решения и в отсутствие правой части, т.е. без материи. Для описания «электромагнетизма без электромагнетизма» были привлечены результаты Г. Райнича, полученные еще в 20-х годах. Райнич заметил, что из уравнений Эйнштейна в электровакууме можно алгебраически выразить компоненты тензора электромагнитного поля через компоненты тензора Риччи. В интерпретации Уилера это означает возможность понимать электромагнитное поле как своеобразные электромагнитные «следы» на искривленном пространстве-времени.

«Массу без массы», т.е. частицы, Уилер предлагал вводить, используя более сложную топологию пространства-времени. Позволим себе напомнить, что топология изучает общие геометрические свойства объектов и многообра-



зий, не зависящие от их метрики. В данном случае речь идет о таких свойствах поверхностей (гиперповерхностей), которые отличают, допустим, плоскость от сферы. Так, однополостный гиперболоид имеет одинаковую топологию с плоскостью, тогда как топология сферы иная. Можно указать другие топологии, например, у тора (бублика). Уилер использовал топологию, которую можно уподобить ручкам на поверхности.

Никакими деформациями поверхности (изменениями ее метрики) невозможно избавиться от ручек, не разрывая и не склеивая точек поверхности. В геометродинамике предложено трактовать частицы как устья этих ручек, т. е. как входы и выходы своеобразных «кротовых нор». Частиц много, отсюда следует, что в геометродинамике реальный мир должен рассматриваться как многосвязный с большим количеством ручек.

«Заряды без зарядов» предлагается описывать введением в геометрию электромагнитных силовых линий, которые пронизывают ручки. Тогда устье, куда входят силовые линии, можно трактовать как заряженные частицы одного типа заряда (отрицательного), а устья, откуда выходят линии, — как заряды другого знака (положительного).

Уилер считал, что «5) не существует нуждающихся в объяснении “мировых констант”»: ни  $c$ , ни  $G$ . Скорость света — это всего лишь множитель перехода между двумя исторически сложившимися единицами длины, световой секундой и сантиметром, точно так же как число 5280 является множителем перехода от футов к милям. Аналогично, инертная масса выражается с помощью геометрической величины — шварцшильдовского радиуса, который можно измерять либо в сантиметрах, либо в старых единицах, которым подобно милям, присвоено особое наименование — грамм...»

Он также считал, что «6) не существует “констант связи”, как нет и независимо существующих полей, взаимодействующих друг с другом. Электромагнитное поле не является особым объектом; оно может быть просто выражено через первые производные тензора кривизны Риччи» [6, с. 335].

В теории Уилера имеется много любопытных соображений о метрических и топологических свойствах простран-

ства-времени и об их интерпретации. Геометродинамика Уилера нашла много сторонников как за рубежом, так и у нас в стране.

Нужно отметить, что уже на классическом уровне геометродинамика Уилера натолкнулась на существенные трудности. Это заставило его и его сотрудников временно заняться исследованиями моделей промежуточного характера. В частности, к таковым относился поиск частицеподобных решений совместных систем из уравнений Эйнштейна, Максвелла и других полей.

Дж. Уилер предпринимал большие усилия для выяснения вопроса: можно ли и как совместить классическую геометродинамику с квантовой теорией? Он спрашивал себя: «В каком же отношении друг к другу стоят тогда геометродинамика и мир элементарных частиц?» Уилер сам подчеркивал, что геометродинамика «ничего непосредственно не дает нам для понимания спина без спина, элементарных частиц без элементарных частиц и каких-либо других явлений квантовой физики. Однако мы едва ли взяли бы за исследование классической геометродинамики, если бы не надеялись в конечном счете выяснить, какое отношение имеет квантовая геометродинамика к физике элементарных частиц (если она вообще имеет к ней отношение). Нашей конечной целью является выяснение вопроса о том, может ли квантовая физика подобно классической быть описана с помощью геометрии» [6, с. 230].

Задачу совмещения общей теории относительности и квантовой теории Уилеру так и не удалось решить, хотя у него было множество гипотез и идей на этот счет. Некоторые из них представляются чрезвычайно интересными.

### **5. В.А. Фок о сущности и пределах применимости общей теории относительности**

В СССР в 50–60-е годы теоретиком-гравитационистом номер один заслуженно считался академик Владимир Александрович Фок (1898–1974). Ему принадлежит неоднократно переиздававшаяся прекрасная монография «Теория пространства, времени и тяготения» [7], по которой осваивали общую теорию относительности многие гравитационисты.

Когда заходит речь о заслугах В.А. Фока в развитии общей теории относительности, то обычно сразу же называют его знаменитую работу конца 30-х годов, в которой он показал, что уравнения движения материальных объектов следуют из уравнений Эйнштейна. Этот результат он получил независимо и почти одновременно с известной работой трех авторов: А. Эйнштейна, Л. Инфельда и Б. Гоффмана. В этих работах разными путями было показано принципиально важное свойство нелинейных уравнений Эйнштейна. Это существенно продвинуло понимание свойств эйнштейновской теории гравитации.

На Варшавской гравитационной конференции В.А. Фок выступал с пленарным докладом «Единственность тензора энергии-импульса и уравнения Эйнштейна». (Характерно, что он, в совершенстве владея рядом иностранных языков, выступал по-русски и сам себя переводил на французский язык.) Как в этом, так и в других своих выступлениях и работах он следующим образом формулировал суть общей теории относительности: «Истинной логической основой теории тяготения Эйнштейна являются не идея общей относительности и не принцип эквивалентности, а другие две идеи, именно: идея объединения пространства и времени в единое хроногеометрическое многообразие с индефинитной метрикой (эта идея была осуществлена Эйнштейном уже в его теории 1905 года — в “частной” теории относительности) и отказ от “жесткости” метрики, позволившей связать ее с явлением тяготения, а тем самым и с весомой материей (уравнения тяготения Эйнштейна). Идеи же общей ковариантности уравнений (так называемая общая теория относительности) и кинематического толкования тяготения (так называемая эквивалентность) сыграли лишь эвристическую роль» [8].

Известно, что Эйнштейн иначе трактовал суть своей теории. Среди основных ее положений значились принципы ковариантности, эквивалентности и даже принцип Маха. В связи с этим Фок считал неудачным название «общая теория относительности». Далеко не сразу и не все согласились с трактовкой сути общей теории относительности, данной Фоком.

Важная заслуга В.А. Фока состоит в четком разграничении понятий координатная система и система отсчета.

Он писал: «Понятие физической системы отсчета (лаборатории) не равносильно в общем случае понятию системы координат, даже если отвлечься от всех свойств лаборатории, кроме ее движения как целого» [8, с. 5].

Отметим, что как в работах самого Эйнштейна, так и у многих других авторов вплоть до последнего времени не проводится четкой разницы между этими понятиями. Именно благодаря этой позиции он демонстративно поддержал и даже взялся переводить на английский язык выступление А.Л. Зельманова о методе хронометрических инвариантов.

Примечательна позиция В.А. Фока о сфере применимости общей теории относительности. Он писал: «Вообще любая физическая теория — пусть это будет даже теория тяготения Эйнштейна — имеет предел применимости, и неограниченно экстраполировать ее нельзя. Рано или поздно становится необходимым введение существенно новых физических понятий, сообразных свойствам изучаемых объектов и применяемым средствам их познания, а тогда выявляются и пределы применимости теории, при этом возникают новые гносеологические вопросы» [9].

В частности, Фок постоянно обращал внимание на необходимость проявления осторожности при описании Вселенной в целом на основе уравнений Эйнштейна. Он утверждал: «Прежде всего неправильно видеть в нем (в решении Фридмана–Лобачевского. — Ю.В.) какую-то “модель мира в целом”»: такая точка зрения представляется неудовлетворительной в философском отношении. Пространство Фридмана–Лобачевского может, самое большее, служить фоном для ограниченного числа галактик, подобно тому, как галилеево пространство служит фоном для объектов, подобных Солнечной системе. Сама применимость уравнений Эйнштейна в их классическом виде к таким огромным пространствам не является столь бесспорной, как их применимость в более ограниченных масштабах. Не исключено, что для космических масштабов эти уравнения требуют изменения или обобщения» [7].

Эти слова Фока являются чрезвычайно актуальными в наши дни в связи с последними астрофизическими открытиями.

## 6. Позиции профессора Дж. Синга

Интересна позиция физика-теоретика Дж. Синга (1897–1995) (Ирландия), в своем докладе провозгласившего тезис: «Сколько людей занимается общей теорией относительности, столько имеется ее пониманий». Он выступал на Варшавской конференции с докладом «Релятивистская интерпретация и модификация ньютоновых моделей», где, в частности, изложил свою оригинальную позицию на созданную Эйнштейном теорию гравитации. Она была подробно изложена в опубликованной незадолго до конференции (в 1960 г.) в Амстердаме его книге «Общая теория относительности», а в 1963 г. переведенной на русский язык.

В его позиции обращает на себя внимание отсутствие надежды на скорые практические применения выводов эйнштейновской теории гравитации. В предисловии к своей книге он писал: «Копаться в тонкостях, сидя в башне из слоновой кости, — не каждому по вкусу и, несомненно, многие релятивисты ждут будущего, предвидя день, когда правительства заинтересуются их мнением по важным вопросам. Но что такое “важными”? Наука преследует двоякую цель: познать природу и покорить ее. Для интеллектуальной жизни человека, несомненно, более важно первое. Так оставим же релятивисту его башню из слоновой кости, где он мирно размышляет об эйнштейновской теории до тех пор, пока хлопотливый мир еще удовлетворяет его неучастие в мирских делах. Пусть релятивиста удовлетворяет трудная задача узнать как можно больше и еще более трудная задача — передать другим лоскутки знаний, которые ему удалось приобрести» [10, с.7].

Как в выступлении на конференции, так и в своей книге Синг как будто бы не стремился выходить за рамки общей теории относительности. Он преследовал цель изложить новым методом общую теорию относительности, какой она была в момент ее создания Эйнштейном в 1916 г. Как он писал: «Упомянутый метод основан на использовании некоторой функции, введенной в тензорное исчисление Г.С. Рузе около тридцати лет назад, но с тех пор почти не применявшийся. Эта функция (именуемая здесь мировой) представляет собой с точностью до тривиального множите-

ля квадрат расстояния по геодезической между двумя событиями в пространстве-времени, рассматриваемый как функция восьми координат этих событий. Она оказывается мощным инструментом при вычислениях, так как позволяет использовать обычный метод приближений с помощью степенных рядов без отказа от удобств тензорного исчисления» [10, с. 7–8].

Приведем ключевые понятия в синговской формулировке теории. Он пишет: «Ключевое понятие теории относительности — событие». Другими основными понятиями являются: материальная частица, мировая линия материальной частицы, временная последовательность событий, прошлое и будущее, собственное время. Синг утверждал: «Для нас единственной основной мерой является время». Именно через собственное время в работах Синга задается мировая функция. «Длина (или расстояние), поскольку возникнет необходимость или желательность их введения, будет рассматриваться как строго производное понятие... Фактически мы имеем дело с римановой хронометрией, а не с геометрией, и слово “геометрия”, внушающее опасение, что нам, чего доброго, придется возиться с измерениями длин с помощью метровой линейки, можно было бы в этой связи полностью исключить из употребления, если бы грубое буквальное значение понятия геометрии не приобрело глубокой связи с абстрактными математическими определениями “пространства”, “метрик” и т. д.» [10, с. 101].

Однако данная идеология и все перечисленные понятия присущи именно реляционному подходу к мирозданию, где мировая двухточечная функция играет роль парного отношения между физическими событиями (конечно, с участием материальных частиц). Оказалось так, что Синг действительно вернулся к мировоззрению Эйнштейна в 1916 г., когда он, создавая общую теорию относительности, следовал идеям Э. Маха, т.е. реляционному миропониманию. Затем, как известно, Эйнштейн отрекся от взглядов Маха и всецело перешел на геометрическую парадигму. Синг же, видимо, не отдавая себе отчет в этом, продолжил реляционный подход и постарался в своей формулировке ОТО совместить его со стандартной геометрической парадигмой.

Следует заметить, что уже позже в нашей стране была издана книга Л.Я. Арифова [11], в которой более четко из-

ложена общая теория относительности на основе соображений хроногеометрии (на языке Синга — хронометрии).

## 7. Позиция К. Мёллера

Следует коснуться и взглядов профессора К. Мёллера (Дания), участника всех международных гравитационных конференций 60–80-х годов, а также являвшегося председателем оргкомитета шестой международной гравитационной конференции в Копенгагене (1972 г.). В Варшаве он выступал с пленарным докладом «Законы сохранения и абсолютный параллелизм в общей теории относительности».

Свое понимание общей теории относительности и ее главных проблем он изложил в своей книге «Теория относительности», первое издание которой было опубликовано в 1951 г. В своих работах он не касался проблем квантовой теории, обосновав это тем, что, «во-первых, законченной, непротиворечивой квантовой теории пока нет. Во-вторых, классическая релятивистская теория, которая уже сама по себе достаточно надежна как база для описания многих физических явлений, как раз и является фундаментом для будущей непротиворечивой квантовой теории» [12].



К. Мёллер с супругой (1962 г., Яблонны). (Фото автора)

Одним из важнейших его результатов в области классической теории гравитации является формулировка 5 критериев, которым должен удовлетворять искомый псевдотензор энергии-импульса гравитационного поля, и данное им же доказательство того, что в рамках метрической теории гравитации достичь этого невозможно.

Особенностью его подхода к теории гравитации является умаление 4-мерной пространственно-временной симметрии. Он писал: «Конечно, четырехмерная формулировка, основанная на лоренцевой симметрии пространства-времени, является изящным способом выражения принципа относительности на математическом языке и, кроме того, она позволяет кратчайшим путем перейти к формулировке общековариантной теории. В ранних руководствах по теории относительности естественно было специально подчеркивать именно эту симметрию пространственно-временного многообразия. Я полагаю, однако, что в современных руководствах полезно делать акцент именно на различии между пространственными и временными переменными, которое так легко теряется в четырехмерном формализме» [12, с. 8].

Видимо, такая точка зрения Мёллера сложилась отчасти из занятия вопросами законов сохранения в ОТО, а отчасти из его исследований по релятивистской термодинамике. На эту тему он в 1968 г. выступал на пятой международной гравитационной конференции в Тбилиси, где он показал, что на основе теории относительности нельзя осуществлять преобразования температуры при переходе в другую систему отсчета. Остается возможность лишь говорить о температуре в собственной системе отсчета рассматриваемой термодинамической системы.

В своих исследования Мёллер также избегал рассмотрения проблем построения единых теорий поля.

## **8. Эксперименты Дж. Вебера по поиску гравитационного излучения**

В Варшаве мы впервые познакомились с американским физиком-экспериментатором Джозефом Вебером (1919–2000). Это был худощавый человек среднего роста с продолговатым лицом, глубоко посаженными глазами, чуть седе-





Дж. Вебер, Д.Д. Иваненко, Ю.С. Владимиров (1962 г., Яблонны)

ющими пышными волосами, покатым лбом. В прошлом Вебер был морским офицером ВМС США. Затем он занимался экспериментами с мазерами и зарекомендовал себя в этой области как крупнейший специалист. С конца 50-х годов он занялся гравитационно-волновыми экспериментами. Здесь он проявил себя как настойчивый целеустремленный исследователь. На язык Вебер был остр, мог съязвить.

Помню такой эпизод. Часть участников конференции жила в небольшой гостинице в Яблоннах. Однажды в гостинице отключили воду. Мужчины были вынуждены умываться минеральной водой, а женщины — одеколоном или лосьонами. Вебер в разговоре с советскими коллегами съязвил, как же это так могло случиться в социалистической стране с плановой экономикой.

В своем докладе на конференции он рассказал о наладке своей установки для регистрации гравитационного излучения из космоса. Она состояла из алюминиевой болванки весом в полторы тонны, подвешенной в вакууме внутри металлического кожуха. По периметру болванки были расположены пьезодатчики. Полагалось, что под воздействием гравитационных волн в болванке возникнут механические колебания, которые пьезодатчики будут преобразовывать в электрические сигналы.

Уже позднее об установке Вебера писалось много. С самым серьезным видом обсуждали, на какие частоты излучения она рассчитана, каковы ожидаемые источники излучения. Но почему эта установка была именно с такими параметрами? Когда его об этом спросили, Вебер довольно неожиданно признался, — с чего-то нужно было начинать. Заказывая фирме алюминиевую болванку, он показал, разведя руками, что она должна быть вот такой длины и вот такой ширины. В итоге получилось около полутора метров длины и примерно 60 сантиметров ширины. Этим параметрам соответствовала резонансная частота 1640 герц.

Доклад Вебера вызвал оживленный интерес, было задано множество вопросов. После заседания к нему буквально «прилип» Д.Д. Иваненко. Мы с Н.В. Мицкевичем его сопровождали. Дмитрий Дмитриевич пригласил Вебера отойти за здание заседаний в Яблоннах. Там мы взяли легкие стульчики и расположились на зеленой лужайке. Иваненко буквально начал «выжимать» из Вебера детали устройства его детектора. Он даже попросил его собственоручно нарисовать на листке ее схему и проставить размеры. Вебер сначала упирался, но потом все же нарисовал.

По приезду в Москву мы отправили письмо В.Б. Брагинскому (было время отпусков) с подробным описанием установки Вебера и всем тем, что мы узнали об этом эксперименте. Брагинский тогда уже интересовался этим экспериментом, примерялся, как его начать, но ему еще не давали средств. Он был еще совсем молодым, недавно защитившимся кандидатом наук, а денег нужно было много. У меня сохранился ответ Брагинского на мое письмо, в котором он благодарил за эту информацию. Он начал монтировать установку почти с теми же параметрами, что и у Вебера.

Следующий раз мы увидели Дж. Вебера в Лондоне летом 1965 г. уже на четвертой международной гравитационной конференции. Мы обратили внимание на истощенный, усталый вид Вебера. Лицо его осунулось, под глазами были синяки. Оказалось, что это следствие бессонных ночей. Он уже наладил установку и торопился провести первую серию экспериментов по регистрации гравитационного излучения до начала Лондонской конференции. Он на-

деялся уже на той конференции объявить об их открытии. Установка была настолько чувствительной, что днем ему мешали различные индустриальные шумы, движение транспорта. Поэтому он вел эксперимент за городом, в основном в ночное время. Несмотря на все усилия ему не удалось к открытию конференции получить положительные результаты. Вообще говоря, американцы любят произвести эффект, сенсацию, заявив на большой конференции о том или ином открытии. Но в 1965 г. сенсации с открытием гравитационных волн так и не получилось.

Об открытии гравитационных волн Вебер объявил только в 1969 г. в короткой заметке в журнале *Phys. Rev. Letters*. За этой заметкой последовали другие. Поток информации нарастал. Он сообщал, что регистрация сигналов производится на двух установках: одна под Вашингтоном, а другая под Чикаго. Затем у него появилось еще больше установок. Согласно его сообщениям, они регистрировали сигналы в режиме совпадения. Утверждалось, что обработка результатов осуществляется компьютерами, практически без участия человека. Дальше больше. Вебер стал сообщать, что принимает уже примерно по два сигнала в месяц. Затем в печати появились сообщения о направлении, откуда приходят гравитационные волны, — назывался центр нашей Галактики. Статьи обрастали все новыми деталями, например, о поляризации гравитационного излучения.

Мировая научная общественность всполошилась. Неужели действительно открыто новое излучение, новый вид (геометрической) материи? Экспериментаторы бросились налаживать установки типа веберовской. Одна за другой известные лаборатории стали объявлять о начале гравитационных экспериментов. Сообщения поступали из США, Англии, Италии, ФРГ... Все торопились повторить эксперимент Вебера. Во-первых, открытие можно считать сделанным только тогда, когда оно подтверждено в нескольких лабораториях. Во-вторых, перед исследователями открывалась новая перспективная область деятельности, сулившая новые важные открытия и приложения. Но наладка такой тонкой установки требовала немалых средств и времени. Средства под это стали отпускать. Началась гонка: кто окажется впереди?

Тем временем теоретики бросились вычислять, от каких источников могло идти на Землю такое мощное гравитационное излучение. С точки зрения здравого смысла Вебер «штурмовал небо». Согласно теоретическим оценкам, во всех мыслимых космических процессах излучается слишком слабое гравитационное излучение, далеко недостаточное для обнаружения установкой Вебера, причем примерно на 9–10 порядков меньше, да и совсем в другом диапазоне — с длинами волн примерно на 10 порядков большими.

Но последним судьей является эксперимент, — значит теоретикам надо его объяснить. И они напридумали ряд объяснений. Назывались процессы столкновения черных дыр, падения звезд типа нашего Солнца на черную дыру, перестройки фигур нейтронных звезд и т.д. Короче говоря, открытие Вебера, если оно верно, должно было восприниматься как двойное открытие: во-первых, самого гравитационного излучения и, во-вторых, принципиально новых космических процессов и объектов (черных дыр), ответственных за такое мощное гравитационное излучение.

Третий раз мы увидели Вебера в Копенгагене летом 1971 г. во время шестой международной гравитационной конференции. Он еще больше поседел, но самое главное, мы его видели в совершенно другом психологическом настрое. Весь его вид говорил о его глубоком убеждении в открытии им гравитационных волн. Кстати, в этом был убежден не только он.

Ожидавшееся тогда всеми открытие гравитационных волн должно было существенно повлиять на жизнь всего человечества. Появился бы новый вид связи, не знающей преград. Такое излучение могло бы проходить сквозь Землю без каких-либо заметных помех. Человечество должно было бы получить в свои руки новый канал информации из космоса. Это существенно бы повлияло на представления об окружающем нас мире. Можно пофантазировать, что это сулило всем нам, но ... открытие гравитационных волн не состоялось. Первым наладил свою установку В.Б. Брагинский, который показал, что на уровне чувствительности установки Вебера гравитационное излучение не наблюдается. Затем к такому же выводу пришли исследователи в других странах.

Максимум интереса к проблеме обнаружения гравитационных волн пришелся на середину 70-х годов. Как раз в то время в июле 1976 г. в Минске состоялась четвертая советская гравитационная конференция. На эту конференцию В.Б. Брагинский пригласил ведущих зарубежных экспериментаторов по поиску гравитационного излучения. Приехали Р. Драйвер (университет в Глазго, Англия), Д. Дагласс (Рочестерский университет, США), В.О. Гамильтон (Луизианский университет, США), Г. Пицелла (Институт им. Маркони в Риме), Б. Бертоцци (университет в Павии, Италия) и другие. Получилась очень представительная секция по гравитационному эксперименту. Состоялось обстоятельное обсуждение сложившегося в этой области положения. Все были единодушны в том, что гравитационные волны пока не обнаружены. В кулуарах говорили даже так: «Вебер гравитационные волны не открыл, но зато открыл источники финансирования на их поиски».

В конце конференции в рамках узкой неформальной встречи состоялась любопытная дискуссия между руководителями экспериментальных групп с участием нескольких теоретиков. О ней мне рассказывал присутствовавший на встрече профессор М.Ф. Широков. Обсуждался вопрос, когда будут открыты гравитационные волны не косвенно, а непосредственно на гравитационных антеннах. Брагинский назвал цифру — примерно к 1980 г., Драйвер и другие экспериментаторы надеялись, что им удастся открыть волны чуть позже — к 1982 г. А физик-теоретик из США профессор П. Бергман, сотрудничавший с самим А. Эйнштейном, сказал, что, по его мнению, «гравитационные волны не будут открыты никогда!»

Было заключено шуточное пари на ящик коньяка. В качестве рефери в этом пари выступал М.Ф. Широков. Судя по тону его рассказа, он явно склонялся к мнению Бергмана. Это соответствовало его подходу к природе гравитации как свойству формы существования материи. До настоящего времени, насколько мне известно, ящик коньяка так и не был выставлен...

Широко известно отрицательное отношение к возможности обнаружения гравитационных волн Л. Инфельда, сотрудничавшего с Эйнштейном. Но ведь сам Эйнштейн в

своих работах говорил о гравитационных волнах. Этот факт долгое время меня озадачивал, пока я не нашел любопытное высказывание по этому вопросу самого Эйнштейна в письме конца 30-х годов к М. Борну: «Я вместе с одним молодым сотрудником получил интересный результат относительно того, что не существует волн гравитации, хотя в первом приближении все в этом были уверены. Это свидетельствует о том, что нелинейные общие релятивистские уравнения поля выражают или, наоборот, ограничивают значительно большее, чем об этом думали раньше. Если бы только не было столь гнусно искать строгих решений!» [13, с. 24].

### **9. Отношение П. Дирака к общей теории относительности**

Отдельно охарактеризую отношение П. Дирака (1902–1984) к общей теории относительности и к ее узловым проблемам. В целом он принимал теорию гравитации в том виде, в каком она была дана А. Эйнштейном. Он признавал, что физика должна строиться на фоне искривленного (риманова) пространства-времени, что гравитационные волны представляют собой особый вид материи, отличающийся от других видов лишь тем, что их вклад в правую часть уравнений Эйнштейна равен нулю. Тем не менее можно говорить об их энергии, динамических степенях свободы и т. д. В своих работах, выполненных незадолго до Варшавской гравитационной конференции, он предложил метод выделения части нединамических степеней свободы.

Однако в его взглядах на гравитацию имелся ряд характерных для него особенностей. Так, во время своего посещения МГУ в 1958 г. Дирак выступил на расширенном заседании семинара Д.Д. Иваненко, а затем посетил кафедру и оставил на стене кабинета Иваненко знаменитую надпись: «Physical law should have mathematical beauty» («Физические законы должны иметь математическое изящество»). Это утверждение Дирак возвел в ранг принципа, которым он руководствовался при построении физической теории. С этих позиций Дирак оценивал и достоинства общей теории относительности. Он говорил: «Когда Эйнштейн трудился над построением своей теории тяготения, он не пытался при



Д.Д. Иваненко и П. Дирак  
(1962 г., Яблонны). (Фото автора)



П. Дирак с супругой  
(1962 г., Яблонны). (Фото автора)

этом опираться на какие-то результаты наблюдений. Отнюдь нет! Все сводилось к поиску прекрасной теории, теории того типа, который избрала бы сама природа. Он стремился лишь к тому, чтобы его теория обладала красотой и изяществом... Он исходил исключительно из мысли о том, какой должна была бы быть природа, но не из требования объяснения этой теорией отдельных экспериментальных результатов» (Цит. по книге [14, с. 324]).

На конференции в Варшаве Дирак делал доклад «Движение протяженной частицы в гравитационном поле» на основе довольно старых представлений об электромагнитной структуре электрона. В дискуссии по его докладу Иваненко нашел повод упомянуть гипотезу Дирака 30-х годов о связи и о возможности совместного изменения фундаментальных физических констант. Иваненко публично обратился к Дираку с вопросом, продолжает ли он настаивать на этой гипотезе. «Да, я так продолжаю думать», — ответил Дирак с места.

Всему миру известно уравнение Дирака и многие его труды в области квантовой механики и квантовой теории поля,

но мало кто знает, что послужило лейтмотивом для получения этих результатов. Оказывается, Дирак всю жизнь был одержим идеей об отсутствии симметрии между пространством и временем в микромире. Эта точка зрения Дирака послужила исходным мотивом при написании уравнений, носящих его имя. Сначала они были записаны в несимметричном виде. Многие авторы в книгах с такой записи и начинают излагать уравнения Дирака. Но потом показывают, что они все-таки являются релятивистски инвариантными.

Дирак серьезно полагал, что 4-мерная пространственно-временная симметрия, лежащая в основе теории относительности, имеет место только в макромире. Так, в своей работе «Теория гравитации в гамильтоновой форме» (1958 г.) он писал: «Мы склонны считать, что четырехмерная симметрия не является фундаментальным свойством физического мира. Эйнштейн показал, и в этом состоит его огромная заслуга, что каждое индивидуальное решение уравнений движения, которые представляют законы природы, проявляют четырехмерную симметрию. Однако мы теперь знаем, что физическое состояние соответствует не отдельному решению уравнений движения, а некоторому семейству всех решений, относящихся к одной и той же основной функции Гамильтона; это такое семейство, которое соответствует волновой функции в квантовой теории, в то время как индивидуальное решение не имеет квантового аналога. Чтобы иметь дело с семейством решений, необходимо пользоваться методами гамильтонова формализма. Настоящая работа показывает, что эти методы, будучи выражены в своей простейшей форме, *вынуждают отказаться от четырехмерной симметрии*» (курсив П.А.М. Дирака) [15, с. 157]. Исходя из таких представлений, Дирак развил гамильтонову формулировку общей теории относительности, с помощью которой он корректно исключил четыре компоненты метрического тензора из числа динамических гравитационных переменных. При этом он подчеркивал, что «*это существенное упрощение, однако оно может быть получено только ценой отказа от четырехмерной симметрии*» (курсив П.А.М. Дирака) [15, с. 157].

Следует отметить, что в работах Дирака, как и у самого Эйнштейна, проявлялась постоянная путаница понятий координатной системы и системы отсчета. Например,



в своих лекциях по гравитации он утверждал, что компоненты метрического тензора как «потенциалы описывают не только гравитационное поле, но и координатную систему. Гравитационное поле и система координат в эйнштейновской теории неразрывно связаны, и их не удастся описать независимо друг от друга» [16, с. 29]. Видимо, здесь на самом деле Дирак имел в виду связь гравитации и инерции, т.е. следовало говорить о неинерциальных системах отсчета. Это важно подчеркнуть в связи с тем, что полученный Дираком результат фактически основан на использовании так называемых нормальных систем отсчета (без вращения), что явно раскрывается в монадном методе задания систем отсчета, развитым в цикле наших отечественных исследований. Исключенные из числа динамических степеней свободы четыре компонента метрического тензора описывают 4-скорость используемой нормальной системы отсчета. Этот факт остался незамеченным как в работах Дирака, так и коллективами других авторов (Р. Арновитт, С. Дезер, Ч. Мизнер, А. Шильд), занимающихся построением канонического (гамильтонова) формализма общей теории относительности.

Я был с фотоаппаратом и много фотографировал. На одной из фотографий был запечатлен Дмитрий Дмитриевич Иваненко, рассказывающий Дираку о работах в нашей группе по построению суперобъединительной программы, включающей в себя обобщения геометрии с кручением и нелинейное спинорное поле. Потом эту фотографию Дмитрий Дмитриевич неоднократно просил меня представлять в различные стенные газеты факультета и альбомы. На другой фотографии он вручает Дираку оттиски своих работ...

В Варшаве Дирак держался очень скромно, как правило, находясь в стороне от шумных компаний. На конференции он был с женой, которую, представляя, говорил, что она сестра Ю. Винера.

## 10. Взгляды Фейнмана на теорию гравитации

Большое впечатление на нас произвел другой нобелевский лауреат Ричард Фейнман (1918–1988). Это была очень яркая личность. Его доклад о квантовании гравитационного поля с иллюстрациями процессов в виде диаг-

рамм фейнмановского типа был сделан артистично — хорошо поставленным голосом и с эффектной жестикуляцией руками. Недаром незадолго перед этим он был признан «первым интеллектом Америки».

Дмитрий Дмитриевич Иваненко, помню, попытался вручить Фейнману изданный под его редакцией и с его вступительной статьей сборник работ по гравитации. Фейнман, взглянув, замахал руками, заявив, что сборник на русском языке, которого он не знает. На это Иваненко тут же выхватил из портфеля и протянул самоучитель русского языка. Все вокруг, в том числе и Фейнман, громко рассмеялись.

Особо следует остановиться на позиции Р. Фейнмана в вопросе о сущности теории гравитации. Нужно отметить, что его мировоззрение складывалось, исходя из реляционной парадигмы. Об этом свидетельствуют его ранние работы, совместные с Дж. Уилером, 40-х годов по теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия, где было объяснено в духе принципа Маха отсутствие опережающих взаимодействий при учете отклика от всех окружающих частиц Вселенной.

В развитии его научных взглядов можно усмотреть аналогию с эволюцией взглядов А. Эйнштейна. Как уже отмечалось, Эйнштейн, создавая общую теорию относительности, следовал идеям Э. Маха в рамках реляционной парадигмы. Однако когда теория была построена, он отказался от идей Маха и полностью встал на путь развития геометрической парадигмы. Нечто аналогичное произошло и с Фейнманом. Как он сам отмечал в своей Нобелевской лекции, к результатам в квантовой электродинамике, за которые ему была присуждена Нобелевская премия, он пришел, исходя из концепции дальнодействия. Однако когда результаты были получены, он обнаружил, что концепция дальнодействия была не обязательной. Как он писал: «Ведь самое удивительное, что почти все идеи, возникшие в процессе исследования (дальнодействие. — Ю.В.), в конце концов оказались ненужными для конечного результата» [17, с. 231]. В конце своей нобелевской лекции Фейнман по этому поводу образно сказал: «А что же стало со старой теорией, в которую я влюбился еще юношей? Она теперь стала почтенной дамой, почти совсем потерявшей былую при-

влекательность. Сердце юноши уж не забьется учащенно при виде ее. Но о ней можно сказать самое лучшее, что можно сказать о пожилой женщине: что она очень хорошая мать и у нее очень хорошие дети. И я благодарен Шведской Академии наук за высокую оценку одного из них» [17, с. 231].

Разница между эволюциями взглядов Эйнштейна и Фейнмана состояла в том, что Эйнштейн от реляционной парадигмы перешел к геометрической, тогда как Фейнман от той же исходной парадигмы перешел к теоретико-полевой парадигме.

Видимо, по большому счету, именно несоответствием его взглядов с геометрической парадигмой объясняется резко отрицательное отношение Р. Фейнмана к работе Варшавской гравитационной конференции. В письме к своей жене он писал: «Я ничего не получил на этой конференции. Я не узнал ничего нового. Поскольку в этой области нет экспериментов, эта область науки находится в неактивном состоянии, так что только очень немногие из лучших людей работают в ней. Результат состоит в том, что здесь имеется огромное количество дурмана и это сказывается неблагоприятным образом на моем артериальном давлении: такие бессмысленные вещи говорятся и серьезным образом обсуждаются, что я спорю с участниками вне формальных сессий (скажем, на ланче) всякий раз, когда кто-либо задает мне вопрос или начинает рассказывать о своей “работе”» [18]. Далее он перечисляет 6 претензий к работам в этой области и заканчивает письмо словами: «В эти дни проводится огромная “деятельность в этой области”, но эта деятельность главным образом состоит в демонстрации того, что предыдущая “деятельность” кого-то еще приводит к ошибке или не приводит ни к чему полезному или приводит к чему-то, что подает надежды. Это выглядит как множество червяков, пытающихся вылезти из бутылки, переползающих один через другого. Это не потому, что задача трудна, это потому, что лучшие люди занимаются другими вещами. Напомни мне о том, чтобы не ездить больше ни на какие конференции по гравитации!»

Отмечу, что, действительно, на последующих международных гравитационных конференциях мы больше Фейнмана не видели. В предисловии к лекциям Фейнмана по гравитации приводится комментарий Б. ДеВитта к этому

письму: «Я могу определенным образом симпатизировать реакции Фейнмана к конференции в Варшаве, потому что у меня были подобные ощущения. (У меня жив в памяти выход там его эмоций, которые выплеснулись в сторону Иваненко через самую изощренную брань, какую я только слышал.) Но те, кто опубликовал его частное письмо без описания полной картины, наносят ущерб исторической правде...» [19, с. 37–38].

У нас, советских участников конференции, не сложилось столь отрицательных мнений об услышанных докладах.

Следует отметить, что сразу же после Варшавской гравитационной конференции Фейнман предпринял попытку «навести порядок в теории гравитации» и даже окончательно решить проблему квантования гравитации, о которой он говорил в своем докладе на конференции. С этой целью он в течение 1962–1963 академического года прочитал курс гравитации в Калифорнийском Технологическом Институте в городе Пасадина (США). Сохранились записи этих лекций, однако последние 11 лекций из 27, прочитанных Фейнманом, как раз посвященных квантованию гравитации, он не разрешил публиковать по причине своего разочарования в их обоснованности.



Р. Фейнман выступает на третьей международной гравитационной конференции (1962 г., Яблонны). (Фото автора)

Судя по опубликованным первым 16 лекциям, Фейнман попытался развить теорию гравитации, исходя из квантовой теории гравитационного поля как безмассового поля спина 2 в плоском пространстве-времени. В первой же лекции он сказал: «Наш педагогический подход является наиболее близким для теоретиков, специалистов в физике элементарных частиц, которые довольно часто используют различные поля, так что для них довольно просто понять, что Вселенная образована двадцатью девятью или тридцатью одним полями, объединенными в одном уравнении; феномен гравитации добавляет еще одно поле в общий “котел”, это такое же поле, которое было пропущено при предыдущих рассмотрении; гравитационное поле является только одним из тридцати других, поэтому объяснение гравитации состоит в объяснении трех процентов всех известных полей» [19].

Главным результатом этой деятельности явилось то, что при учете ряда естественных для теории поля условий и предположений Фейнман пришел к нелинейным уравнениям тензорного поля спина 2, формально совпадающим с уравнениями Эйнштейна. Как он говорил, «истина состоит в том, что поле спина 2 имеет геометрическую интерпретацию; это не является чем-то легко объяснимым, это удивительный факт. Геометрическая интерпретация не является действительно необходимой или существенной для физики» [19, с. 177]. Там же можно найти такие слова: «Одна из особенностей теории гравитации состоит в том, что она имеет и полевую интерпретацию, и геометрическую интерпретацию», т.е. эти интерпретации «являются двумя аспектами одной и той же теории».

Здесь следует отметить, что в этом открытии Фейнман был далеко не первым и не последним. Ранее к подобным результатам пришел С. Гупта, а еще раньше, в 1949–1950 гг., к подобному выводу пришел Крайчман из Института Перспективных исследований (США). Как писали Дж. Прескилл и К. Торн, Эйнштейн, узнав об этом «пришел в ужас от такого подхода к гравитации, отвергавшего его собственное геометрическое понимание, полученное им в результате огромной проделанной работы» [18, с. 20]. Позднее, уже в 80-х годах, нечто подобное получил А.А. Логунов, развивая релятивистскую теорию гравитации (без массовых слагаемых для гравитонов).

Однако Р. Фейнман, так же как и А. Эйнштейн, напрасно поспешили отказаться от реляционной парадигмы. В 60-х годах в работах Я.И. Грановского и А.А. Пантюшина было показано, как строится теория прямого межчастичного гравитационного взаимодействия, совпадающая с эйнштейновской ОТО в линейном приближении, а в начале 80-х годов в наших работах с А.Ю. Турыгиным была построена в виде бесконечного ряда разложения по гравитационной константе теория прямого межчастичного гравитационного взаимодействия [20], в любом приближении совпадающая с общей теорией относительности.

## **11. Выступления советских участников конференции**

Как уже отмечалось, в 1961 г. в Москве на базе физического факультета МГУ состоялась первая советская гравитационная конференция, которая явилась смотром состояния отечественных исследований по теории гравитации (и вообще теории пространства-времени), она свела вместе представителей различных научных центров, послужила координации исследований в этой области, выявила наиболее актуальные направления и т.д. Несмотря на многолетнее недоброжелательное отношение властей к эйнштейновской теории гравитации, эта конференция продемонстрировала достаточно высокий уровень отечественной мысли в этой области фундаментальной теоретической физики.

Следует отметить тот факт, что советская гравитационная конференция продемонстрировала более широкий взгляд отечественных ученых на теорию пространства и времени, чем это допускается рамками общей теории относительности. Советские физики-релятивисты, как и ряд виднейших ученых мира, сознавали узость рамок общей теории относительности и вели поиск, исследуя возможные обобщения эйнштейновской теории гравитации.

В работе Варшавской гравитационной конференции от СССР участвовало 10 физиков-гравитационистов, среди которых были: В.А. Фок и В.Л. Гинзбург, Д.Д. Иваненко, А.З. Петров, Я.П. Терлецкий, А.Л. Зельманов, Н.В. Мицкевич, Ю.С. Владимиров, Б. Вавилов. Участвуя в работе этой конференции, мы смогли ощутить уровень и тенденции зарубежных исследований и сравнить его с уровнем отечественных работ, продемонстрированным на первой



Группа польских и советских участников конференции на экскурсии (1962 г., Железова Воля). Третий слева В.Л. Гинзбург, далее А.З. Петров, Я.П. Терлецкий, Н.В. Мицкевич, Ю.С. Владимиров

советской гравитационной конференции в Москве (в МГУ). Особых сенсаций на конференции не было, и мы убедились, что уровень отечественных работ достаточно высок, так что в целом о каком-то существенном отставании от мирового уровня говорить не приходилось.

Все члены советской делегации выступали на конференции с докладами или сообщениями.

В выступлениях и в кулуарных дискуссиях профессора Д.Д. Иваненко (1904–1994) в центре внимания было обобщение эйнштейновской теории гравитации на случай пространств с кручением. Как он говорил, мы, т.е. он с нами, его учениками (Мицкевичем и мной), «поднимали крутильное (торсионное) восстание». Так, во время экскурсии, когда мы проходили мимо здания Варшавского университета, Иваненко на доске увидел объявление о вечере танца “твист”. Он тут же привлек внимание окружающих коллег к объявлению, громко заявив, что “твист — это почти то же самое, что и кручение”.

А.Л. Зельманов (1913–1987) выступил с изложением развитого им метода хронометрических инвариантов. (По-

скольку он не владел в должной мере английским языком, его выступление переводил на английский язык академик В.А. Фок.)

Значение этой теории, на наш взгляд, в достаточной мере не оцененной до настоящего времени, состоит в том, что она является необходимой составной частью теории гравитации Эйнштейна, позволяющей определить понятие системы отсчета в искривленном пространстве-времени и корректно переходить от геометрических понятий к физически интерпретируемым и измеряемым величинам. В дальнейшем метод 1+3-расщепления был обобщен до уровня общековариантного монадного метода, найдена кинематрическая калибровка. Этот метод был распространен на геометрические теории большей размерности.

Профессор А.З. Петров выступал на секционном заседании с изложением своей, ставшей позже знаменитой алгебраической классификацией пространств Эйнштейна. Позже она была использована, во-первых, в попытках сформулировать алгебраический критерий принадлежности метрик к волновым, т. е. к описывающим гравитационные волны, и, во-вторых, для поиска точных решений уравнений Эйнштейна, принадлежащих алгебраически специальным типам по классификации Петрова. В работах Р. Пенроуза была предложена диаграмма, поясняющая классификацию Петрова.

В секционных выступлениях молодых участников советской делегации рассматривались более частные вопросы теории гравитации.

На Варшавской гравитационной конференции советские физики-гравитационисты получили редкую для того времени в нашей стране возможность установить научные контакты со своими коллегами, ранее знакомыми лишь по статьям и книгам. Но читать журнальные статьи — это одно, а воочию увидеть и познакомиться с их авторами дает совершенно иное восприятие их идей.

### Заключение

В заключение еще раз подчеркнем, что Варшавская гравитационная конференция оказала большое влияние на развитие в XX веке гравитационных исследований во всем мире, в том числе и в СССР (в России). Она собрала вмес-



те наиболее видных физиков-релятивистов мира. Некоторые из них, в частности П. Дирак, Р. Фейнман, Л. Инфельд, больше не участвовали в каких-либо других международных гравитационных конференциях, даже когда они проходили на их родине.

На Варшавской конференции был явно обозначен круг проблем, которые обсуждались на всех последующих международных и национальных гравитационных конференциях. Это проблемы классической теории гравитации (поиск точных решений уравнений Эйнштейна, системы отсчета и уравнения движения в искривленном пространстве-времени), проблема квантования гравитации (гравитационные трансмутации, описание квантовой теории в искривленном пространстве-времени), обобщения эйнштейновской теории гравитации на базе использования неримановых геометрий (геометрии с кручением, с сегментарной кривизной, многомерные модели типа теории Калуцы), космология и релятивистская астрофизика, гравитационный эксперимент (эксперименты как в волновой, так и в неволновой зоне).

Следующие международные гравитационные конференции состоялись в Лондоне (1965 г.), в Тбилиси (СССР, 1968 г.), в Копенгагене (Дания, 1971 г.), в Израиле (1974 г.), в Иене (ГДР, 1977 г.) и т. д. Конференции созываются по настоящее время с интервалом в три года.

Оглядываясь назад, можно констатировать, что далеко не все ожидания начала 60-х годов оказались осуществимыми. Так, по классической теории гравитации удалось получить ряд новых точных решений уравнений Эйнштейна, но в последнее время исследования в этой области скорее можно считать работами в области математической физики. Несмотря на огромные затраченные усилия, так и не удалось решить проблему квантования гравитации, точнее, проблему совмещения принципов общей теории относительности и квантовой теории. Из обобщений эйнштейновской теории гравитации свою плодотворность показали лишь многомерные модели физических взаимодействий типа теорий Т. Калуцы и О. Клейна. До настоящего времени так и не удалось обнаружить гравитационные волны, несмотря на огромные средства, затраченные на эти эксперименты. Наибольший прогресс, пожалуй, достигнут в релятивистской астрофизике, где был сделан ряд принципиально важных открытий. Однако здесь возник ряд но-

вых проблем, связанных с гипотезами темной энергии и темной материи. Остро встал вопрос о возможности распространения закономерностей общей теории относительности на Вселенную в целом.

### Литература

1. *Эйнштейн А., Гроссман М.* Проект обобщённой теории относительности и тяготения / А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т.1. — М.: Наука, 1965. С. 227–266.
2. *Владимиров Ю.С.* Метафизика. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 568 с.
3. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. Книга 2-я. «По пути Клиффорда–Эйнштейна». — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. 244 с.
4. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. Книга 4-я. «Вслед за Лейбницем и Махом». — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. 272 с.
5. *Бергман П.* Загадка гравитации. — М.: Наука, 1969. С. 10.
6. *Уилер Дж.* Гравитация, нейтрино и Вселенная. — М.: ИЛ, 1962. 218 с.
7. *Фок В.А.* Теория пространства, времени и тяготения. — М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит.-ры, 1961. 495 с.
8. *Фок В.А.* Об основных принципах теории тяготения Эйнштейна / В сб.: Современные проблемы гравитации. — Тбилиси: Издат. Тб. гос. ун-та, 1967. С. 5.
9. *Фок В.А.* Квантовая физика и современные проблемы / В сб.: Ленин и современное естествознание. — М.: Мысль, 1969, 200 с.
10. *Синг Дж.* Общая теория относительности. — М.: ИЛ, 1963, с. 7.
11. *Арифов Л.Я.* Общая теория относительности и тяготение. — Ташкент. Изд-во «ФАН», 1983.
12. *Мёллер К.* Теория относительности. — М.: Атомиздат, 1975. С. 8 .
13. Эйнштейновский сборник 1972. — М.: Наука, 1974. С. 26.
14. *Девятова А. и Мартиросян М.* Китайский прорыв и уроки для России. — М.: Изд-во «Вече», 2002. С. 324.
15. *Дирак П.* Теория гравитации в гамильтоновой форме / В сб.: Новейшие проблемы гравитации. — М.: ИЛ, 1961. С. 157.
16. *Дирак П.А.М.* Общая теория относительности. — М.: Атомиздат, 1978. С. 29.
17. *Фейнман Р.* Разработка квантовой электродинамики в пространственно-временном аспекте (Нобелевская лекция) / *Фейнман Р.* Характер физических законов. — М.: Мир, 1968. С. 193–231 (228 с.).
18. *Прескилл Дж., Торн К.* Предисловие к книге Р.Ф. Фейнмана, Ф.Б. Мориниго и У.Г. Вагнера «Фейнмановские лекции по гравитации». — М.: Изд-во «Янус-К», 2000. С. 37.
19. *Фейнман Р.Ф., Мориниго Ф.Б., Вагнер У.Г.* Фейнмановские лекции по гравитации. — М.: Изд-во «Янус-К», 2000. С. 57.
20. *Владимиров Ю.С., Турыгин А.Ю.* Теория прямого межчастичного взаимодействия. — М.: Энергоатомиздат, 1986. 136 с.

Я.И. ГРАНОВСКИЙ  
*Институт физики горных процессов  
Национальной Академии наук Украины, г. Донецк*

## КУЛОНОВЫ СИММЕТРИИ

*Памяти моего друга, Г.М. Идлиса,  
любившего всякого рода симметрии*

Я не историк и опыта исторических исследований не имею.

Но! Богатый архив препринтов, статей и книг по «Кулону» — красноречивый свидетель работ в этой области (которой мне довелось заниматься) — требует осмысления и упорядочения. Здесь недостаточно одной хронологии, здесь нужно уловить возникновение и ход развития глубоких идей, а главное — ощутить его как результат деятельности многих людей, т.е. как историю.

Сегодня эта деятельность переключилась на другие проблемы. Но одна осталась: почему наша цивилизация так тесно связана с двумя задачами — строением нашего космического дома, Солнечной системы, и устройством его кирпичика, атома, — задачами, которые по сути своей одно и то же?!

История кулоновой проблемы ещё не закончена...

### Введение

Понятие «симметрии» прошло долгий исторический путь от простого и наглядного геометрического узора до абстрактной теории групп.

Однако уже лихая пляска уличного фонаря на колеблющемся зеркале заднего вида — фигура Лиссажу — наводит на серьёзные мысли: почему картинка повторяется? Ответ: потому что колебания в перпендикулярных направлениях соизмеримы (синхронны). Потому что их периоды — интегралы движения.

Уже в XX веке Э. Нётер доказала великую теорему: каждой симметрии<sup>1</sup> отвечает свой закон сохранения, а интегралы движения являются генераторами соответствующей группы. Стало очевидным, что энергия сохраняется благодаря инвариантности при сдвигах времени (т.е. благодаря его равномерному ходу), что орбиты планет плоские благодаря изотропии потенциалов и т. д.

Как правило, обнаружить симметрию по виду самого уравнения движения не удаётся. Исключением является изотропия, независимость потенциала от углов, ведущая к сохранению вектора орбитального момента.

Есть, однако, одно замечательное свойство, сигнализирующее о наличии скрытой симметрии, — это *вырождение*, независимость энергии от какого-либо параметра задачи. Возникает оно при наличии хотя бы двух некоммутирующих интегралов движения и объясняется тем, что действие одного из них изменяет состояние системы, но не затрагивает её энергии. К сожалению, воспользоваться этим критерием можно только *после* решения задачи и определения энергии — поскольку внешне вырождение ничем не проявляется. Пример вырождения в механической задаче можно найти в движении планеты — её энергия не зависит от эксцентриситета орбиты, важного параметра траектории.

Знание же самих интегралов — это уже знание симметрии, так как они (интегралы) образуют алгебру симметрии. Однако подняться от алгебры к группе — отдельная и не простая задача.

Все эти проблемы реализуются в задаче о движении заряженной частицы в статическом поле неподвижного заряда, кулоновом поле. Интересный и важный вопрос о симметриях кулонова поля в физической литературе освещён однобоко, в частности, отсутствует трактовка симметрии энергетического спектра. Можно указать и более мелкие умолчания. Начнём с классической теории.

**Законы Кеплера как законы сохранения.** Два первых закона Кеплера — прекрасный пример симметрии, оба являются следствиями двух законов сохранения.

---

<sup>1</sup> Имеется в виду преобразование, сохраняющее гамильтониан.

Кулонова сила, действующая на электрон со стороны протона, — центральная  $\mathbf{F} = -e^2 \mathbf{r}/r^3$ . Благодаря этому сохраняется орбитальный момент  $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}$ . Оба вектора,  $\mathbf{r}$  и  $\mathbf{p}$ , лежат в плоскости, перпендикулярной моменту  $\mathbf{L}$ , т.е. орбита электрона — плоская. Более того, поскольку  $L_z = m(xy - yx) = 2mdS/dt = \text{const}$ , то постоянна и секторная скорость  $dS/dt$ , т.е. имеет место закон площадей (2-й закон Кеплера).

Много лет потребовалось, чтобы установить закон сохранения вектора Лапласа<sup>2</sup>  $\mathbf{K} = \mathbf{p} \times \mathbf{L} + me^2 \mathbf{r}/r$ . Из него следует уравнение орбиты:  $\mathbf{K}\mathbf{r} = L^2 + me^2 r$ , которое (в зависимости от величины эксцентриситета  $\varepsilon = |\mathbf{K}|/me^2$ ) охватывает все три случая конических сечений и может быть записано в виде скалярного произведения в 4-мерном пространстве:  $r \cos(\omega - \omega') = L^2$ . 4-мерные ортогональные преобразования сохраняют его. Это — основа дальнейших обобщений.

Будучи интегралами,  $\mathbf{K}$  и  $\mathbf{L}$  коммутируют с гамильтонианом  $H = \mathbf{p}^2/2m - e^2/r$ , а их взаимные коммутации

$$[L_a, L_b] = ie_{abc} L_c, [L_a, K_b] = ie_{abc} K_c, [K_a, K_b] = ie_{abc} L_c (-2mH)$$

остаются в рамках самих векторов, т.е. образуют алгебру. С точки зрения математики — это алгебра вращений в 4-мерном пространстве: компоненты  $\mathbf{L}$  генерируют вращения в плоскостях  $x-y$ ,  $y-z$ ,  $z-x$ , а  $\mathbf{K}$  — в плоскостях  $x-x_4$ ,  $y-x_4$ ,  $z-x_4$ .

**От Бертрана до Фока.** Ж. Бертран [2], вероятно, был первым, кто осознал исключительность кулонова и упругого потенциалов, доказав теорему о замкнутости их орбит.<sup>3</sup> Он, однако, не связывал этот факт с какой-либо симметрией. Конечно, Кеплеров закон площадей всегда сочетался с постоянством орбитального момента, но форма орби-

<sup>2</sup> И многих других, начиная с Я. Германа, И. Бернулли, Ж. Лагранжа, затем У. Гамильтона и позже К. Рунге и В. Ленца. Эта история подробно освещена в интересной книге Д.В. Аносова [1].

<sup>3</sup> Изложение его теоремы можно найти на с. 34 книги В.И. Арнольда [3].

ты, обусловленная постоянством вектора  $\mathbf{K}$ , найденного Лапласом [4], оставалась в тени.

Если не говорить о небесной механике, то интерес к задаче Кеплера возродился после работ Бора и Зоммерфельда по теории атома водорода. В. Паули осенью 1925 г., мастерски оперируя векторами момента и Лапласа, с помощью матричной механики вывел энергию атома [5]. Практически одновременно вышла первая статья Э. Шредингера, нашедшего волновую функцию атома водорода в зависимости от координат.

Через несколько лет Б. Подольский и Л. Полинг [6] заметили, что фурье-образ этой функции (т.е. её импульсное представление) выглядит гораздо проще её самой — это всего лишь полином Чебышёва (и его производные). Ещё через 3 года Е. Хиллераас [7] получил их результат непосредственно в импульсном представлении, не прибегая к преобразованию Фурье. Полученное им дифференциальное уравнение обладало более высокой симметрией, чем стандартная изотропия, но он этого не заметил...

Лавры достались В.А. Фоку...

## 1. Пара-симметрия

**Что такое пара-симметрия.** По определению, это алгебра операторов, *коммутирующих* с гамильтонианом.

Она действует на волновые функции, входящие в состав неприводимого представления, описывающего *фиксированный* энергетический уровень системы. Количество линейно-независимых функций, входящих в состав представления, равно степени вырождения этого уровня.

**Четвёртая координата академика Фока.** В элегантной статье [8] акад. В.А. Фок построил ортогональные преобразования вспомогательного 4-мерного пространства, которые сохраняют структуру волнового уравнения. Новинкой были именно эти преобразования, хотя их генераторы  $\mathbf{K}$  и  $\mathbf{L}$  известны очень давно<sup>4</sup>.

Ортогональные преобразования сохраняют длину, так что если пользоваться сферическими координатами, то преобра-

---

<sup>4</sup> См. цитированную книгу Д. Аносова [1].

зуются только *три* угла  $\omega$ ,  $\theta$ ,  $\varphi$ . Конечно, это означает, что задача Кеплера имеет три степени свободы, — следует лишь связать радиус-вектор с углом  $\omega$ .

Никакой *четвёртой* координаты не требуется! Поэтому Фок ограничился поверхностью единичной сферы, спроектировал на неё 3-мерное пространство импульсов и оперировал только тремя углами. Кривизна сферы совпадает с кривизной импульсного пространства, и это позволяет провести стереографическую проекцию, использованную Фокком.

Он пронизательно заметил, что фурье-образ кулонова потенциала удовлетворяет 4-мерному уравнению Лапласа, и отсюда пришел к выводу, что его решения суть гармонические функции в четырех измерениях. По существу это и есть ответ, этого достаточно.

**Метод Паули. Упущенные возможности.** Усмотреть  $O(4)$ -симметрию можно, не выходя за рамки обычного уравнения Шредингера.

Для этого достаточно использовать формулу  $h = -me^4/2(\mathbf{K}^2 + \mathbf{L}^2 + 1)$  (здесь  $\hbar = 1$ ), выведенную Паули<sup>5</sup>. В соответствии с идеями матричной механики, Паули ограничился вычислением собственных значений матриц  $\mathbf{K}$  и  $\mathbf{L}$  и с их помощью нашёл энергию атома. Он знал и широко пользовался алгеброй этих матриц, но группу преобразований он не построил... Она-то и была  $O(4)$ .

Напомним: векторы Лапласа  $\mathbf{K}$  и орбитального момента  $\mathbf{L}$  — это генераторы *4-мерных* вращений. Их общий вид  $-i(x_a \partial/\partial x_b - x_b \partial/\partial x_a)$  ( $a, b = 1 \dots 4$ ), в этой 4-мерной форме кроется вся суть дела. Нетрудно подсчитать, что сумма  $\mathbf{K}^2 + \mathbf{L}^2$  сводится к угловой части 4-мерного лапласиана:

$$\mathbf{K}^2 + \mathbf{L}^2 = \sin^{-2} \omega \{ \partial_\omega \sin^2 \omega \partial_\omega + \sin^{-1} \partial_\theta \sin \theta \partial_\theta + \sin^{-2} \theta \partial_\varphi^2 \} \equiv \prod_{(\Omega)}.$$

Полный лапласиан  $\prod = \sum_{k=1}^4 \partial^2/\partial x_k^2$  явно инвариантен относительно 4-мерных вращений, и это свойство сохраня-

<sup>5</sup> Его работа [5] кратко изложена на с.163 «Квантовой механики» Ландау и Лифшица [9].

ется за  $\prod_{(\Omega)}$ .<sup>6</sup> Тем самым 4-симметрия фактически установлена.

Паули мог найти собственные функции 4-лапласиана  $\prod_{(\Omega)} X(\omega, \theta, \varphi) = \lambda X(\omega, \theta, \varphi)$  и, зная его собственные значения  $\lambda = n(n + 2)$ , сразу получить  $E = -me^4/2(n + 1)^2$ , но он этого не сделал. Идея собственных функций была высказана позже Шредингером.

Формула для энергии справедлива и при  $l \neq 0$  (в этом и состоит вырождение!). Волновой функцией в этом случае служит указанная Фоком гармоническая функция<sup>7</sup>  $\Omega_{nim}(\omega, \theta, \varphi)$  — произведение полинома Гегенбауэра  $C_{n-l-1}^{l+1} = (\sin \omega)^l (d/d \cos \omega)^{l+1} \cos(n\omega)$  на сферическую функцию  $Y_{lm}(\theta, \varphi)$ . Число линейно независимых полиномов Гегенбауэра (т. е. степень вырождения уровня) равно  $n^2$ , что специально вывел Фок [8]. Конечно, этого следовало ожидать.

Интересно отметить, что заменой  $X(\omega) = f(\omega)/\sin \omega$  волновое уравнение сводится к осцилляторному виду  $f''(\omega) + f(\omega) = \lambda f(\omega)$ . Это непосредственно связано с конструкцией Кустьянхеймо [10] и придает наглядный смысл углу  $\omega$  — в классической теории это так называемая эксцентрическая аномалия.

**Координатное представление.** Можно ли обнаружить 4-симметрию в координатной формулировке?

Можно — разделение переменных в параболических координатах фактически демонстрирует симметрию  $O(3) \times O(3)$ , которая изоморфна  $O(4)$ .

Эти вычисления можно упростить [11], положив в формулах книги [9]  $n^2 = 0$  и  $m = 0$ . В результате возникнет волновая функция  $\Psi_n(\mathbf{r}) = e^{-\lambda R} L_{n-1}(\lambda r + \lambda z)$ , в которой  $\lambda = \sqrt{-2mE/\hbar^2}$ , а  $L_{n-1}(u)$  — полином Лагерра. Простая с виду она, тем не менее, содержит суперпозицию всех состояний с орбитальным моментом, меньшим  $(n - 1)$ , так

<sup>6</sup> В теории групп оператор  $\prod$  известен как оператор Казимира; он коммутирует с  $\mathbf{K}$  и  $\mathbf{L}$ .

<sup>7</sup> В координатах Фока — это симметричный полином  $n$ -й степени.



как аргумент полинома Лагерра содержит угол  $u = \lambda r(1 + \cos \theta)$ .

Волновые функции, у которых  $m \neq 0$ , получаются с помощью операторов повышения и понижения проекции момента  $L_{\pm} = L_x \pm iL_y$ . В совокупности получают все состояния  $n$ -го уровня, числом  $n^2$ . Обычные 3-мерные вращения сохраняют орбитальный момент, но 4-мерные вращения, вообще говоря, перемешивают их между собой.

Найденная функция остается постоянной на поверхности параболоида<sup>8</sup>

$$r + z = \text{const.}$$

В классической теории этот параболоид имеет наглядный смысл: его внутренность недоступна для частиц, отталкивающихся от центра. Поток частиц, падающий на параболоид параллельно оси, после того, как он соберётся в фокусе (реальном или мнимом), расходится по углам в согласии с законом Резерфорда  $d\Omega [\sin(\theta/2)]^{-4}$ !

Указанное выше решение после преобразования Фурье переходит в решение Фока. Это можно проверить, вычисляя интеграл

$$f(\mathbf{p}) = \int e^{i\mathbf{p}\mathbf{r}} e^{-\lambda r} L_N[\lambda(r+z)] d^3r.$$

Отметим в заключение, что та же волновая функция после аналитического продолжения  $\Psi(\mathbf{r}) = e^{-\lambda\kappa} {}_2F_1(i\xi, 1 | \lambda r + \lambda z)$  описывает рассеяние (см. [9, с. 682]).

**Баргман. Рассеяние.** До сих пор мы касались состояний с отрицательной энергией, ограниченных в пространстве, т.е. связанных состояний. Возможны, однако, и движения инфинитные, у которых энергия положительна — притяжение центра искривляет их траектории (т.е. рассеивает параллельный пучок). В случае отталкивания это вообще единственная возможность движения.

Задачу о рассеянии  $\alpha$ -частиц точечным ядром рассмотрел Э. Резерфорд [12] методами классической механики, а

<sup>8</sup> Параболоид — произволен: достаточно записать аргумент в виде  $u = \lambda(r + \mathbf{v}\mathbf{r})$ , вводя единичный вектор  $\mathbf{v}$  вдоль его оси. В случае положительной энергии аргумент равен  $u = ik(r + \mathbf{v}\mathbf{r})$ .

с квантовых позиций — М. Борн [13]. Резерфорд решил задачу точно, а Борн приближённо (точное квантовое решение принадлежит В. Гордону [14]). О симметрии все эти авторы не упоминали, а совпадение классических и квантовых результатов (см. ниже, в разделе 3) их, по-видимому, не удивляло.

Симметрию рассеяния рассмотрел В. Баргман [15] через год после работы Фока и вполне в его духе (даже название его статьи взято у Фока!). Ответ вполне предсказуем: вместо  $O(4)$  имеет место алгебра  $O(3,1)$ .<sup>9</sup> Этот факт виден непосредственно в коммутациях (см. выше) — знак одной из них (содержащей множитель  $-2mH$ ) изменяется на противоположный.

Кривизна пространства импульсов становится отрицательной, стереографическая проекция действует вместо сферы на гиперболоид, величина орбитального момента не ограничена, представления стационарных состояний бесконечномерные и т.д.<sup>10</sup>

Всё перечисленное обусловлено некомпактной природой группы  $O(3,1)$ , этим же объясняется и причина появления сплошного спектра вместо дискретного.

Работа Баргмана важна как распространение идей симметрии на все случаи движения в кулоновом поле, хотя в принципиальном отношении она большой роли не сыграла.

**Нарушение  $O(4)$ -симметрии.** Обсуждаемая симметрия — очень хрупкое явление: малейшие поправки к закону Кулона немедленно нарушают её. По существу, именно этому учит теорема Бертрана.

В первую очередь нарушается сохранение вектора момента и вектора Лапласа: со временем изменяются их направления, модули меняются слабее.

Поворот вектора Лапласа приводит к смещению перигелия планеты в плоскости орбиты. В квантовой теории вырожденный уровень расщепляется на несколько подуровней.

Вектор момента описывает конус вокруг нормали к плоскости орбиты — так называемый эффект Зеемана. Причиной

<sup>9</sup>  $O(3,1)$  изоморфна группе Лоренца из специальной теории относительности, но, конечно, она действует в пространстве Фока, а не в «нашем» пространстве-времени!

<sup>10</sup> Изложение этих результатов см. в работе [16] и весьма подробно в [17].

этого эффекта является спин-орбитальное взаимодействие — связь собственного магнитного момента электрона (спина) с магнитным полем, возникающим вследствие движения электрона. Вместе с поправкой к кинетической энергии спин-орбитальное взаимодействие является источником тонкой структуры атомарных уровней. Возникающие подуровни понижают симметрию от  $O(4)$  до  $O(3)$ .

В гравитационном варианте задачи Кеплера аналогичное явление называется прецессией.

Похожую, хотя и существенно меньшую роль играет сверхтонкое взаимодействие магнитных моментов электрона и ядра (протона); вызванный этим эффектом дублет замещает основное состояние. Он хорошо известен в астрофизике, потому что переходы между его компонентами создают излучение с длиной волны 21 см. Быть может, на этой волне ведут переговоры абоненты Великого Кольца...

## 2. Мета-симметрия

Описанная выше драма « $O(4)$ -симметрия» была бы неполной, если бы мы не указали на её ограниченность: её операторы действуют в рамках заданной энергии. Чтобы изменить эту величину, необходимо построить операторы, *не коммутирующие* с гамильтонианом!

Эта задача была поставлена Шредингером в 1940 г. [18] и решена Ю.Б. Румером [19] через 30 лет. Так была найдена алгебра мета-симметрии.<sup>11</sup>

По её поводу можно высказать несколько общих утверждений. Минимальная алгебра должна содержать два оператора  $A_{\pm}$ , реализующие движение по спектру  $[A_{\pm}, H] = \mu A_{\pm}$ , и замыкаться на себя  $[A_{+}, A_{-}] = M$ . Если параметр  $\mu = 1$ , то сдвиг соединяет соседние уровни. Если оператор  $M = 1$ , то получается алгебра Гейзенберга–Вейля, т.е. теория осциллятора. Во всяком случае,  $M$  равно разности энергий системы.

Точнее говоря, мета-алгебра не является *симметрией* гамильтониана, она его изменяет...

---

<sup>11</sup> Её название ещё не установилось: бытуют и «алгебра неинвариантности», и «алгебра, порождающая спектр», и просто «динамическая алгебра». Термины «пара- и мета-симметрии» предложены мною в 2000 г. на конференции SDCS–2000 (Мышковцы, Польша).

**Операторы Шредингера.** Ещё до переезда в Ирландию Шредингер имел опыт работы с уравнением Дирака. Ему пришла мысль [18] расщепить (факторизовать) волновое уравнение на два уравнения 1-го порядка, как это сделал Дирак с оператором Даламбера:  $\nabla^2 - \partial_t^2 = (\alpha \nabla + i\beta \partial_t)^2$ .

С этой целью он построил два оператора (подъёма и спуска)  $S_{\pm}(\xi) = \partial_r r \pm (\xi - kr)$  и потребовал, чтобы их произведение совпадало с волновым уравнением. Поскольку

$$S_{\pm}(\xi - 1)S_{\pm}(\xi) = r\partial^2 r + 2kr\xi - k^2 r^2 + \xi(1 - \xi),$$

то сравнение с волновым уравнением ( $\hbar = 1$ )

$$\left[ \frac{1}{r} \frac{\partial^2}{\partial r^2} r - \frac{l(l+1)}{r^2} + \frac{2me^2}{r} + 2mE \right] u(r) = 0$$

показывает, что  $2k\xi = 2me^2$ ,  $k^2 = -2mE$ , т.е.  $\xi = me^2/k$  (кулоновский параметр),  $k = \sqrt{-2mE}$  (характерный импульс). Кроме того,  $S_{+}(\xi - 1)u(r) = \lambda_{+}w(r)$  и  $S_{-}(\xi)w(r) = \lambda_{-}u(r)$ , причём  $\lambda_{+} = l + \xi$ ,  $\lambda_{-} = l + 1 - \xi$ .

Функция  $w(r)$  подчиняется тому же радиальному уравнению, но с параметром  $\xi$  на 1 меньшим. Уменьшая  $\xi$ , достигаем нижнего уровня, для которого  $S_{-}(\xi)u_0(r) = 0$ . Это произойдёт при  $\xi = l + 1$ . Благодаря целости орбитального числа все последующие параметры  $\xi = n_r + l + 1$  также целые.

Операторы  $S_{\pm}(\xi)$  можно назвать понижающими и повышающими.

К сожалению, продвижение по «лестнице» уровней требует постоянного изменения кулоновского параметра. Вследствие этого  $S_{-}(\xi)$  не обратен  $S_{+}(\xi)$ . Все операторы построены, но их бесконечно много!

**Операторы Румера.** Метод факторизации Шредингера требует особой внимательности и удачи.

Ю.Б. Румер поступил иначе [19]: он записал уравнение Шредингера в виде  $(A_1 R_1 + A_2 R_2)\Psi = 2me^2\Psi$ , положив  $R_1 = r\mathbf{p}^2 - br$ ,  $R_2 = r\mathbf{p}^2 + br$ .

Операторы Румера подчиняются коммутациям:

$$[R_1, R_2] = iR_3, \quad [R_2, R_3] = 4ibR_1, \quad [R_3, R_1] = -4ibR_2.$$

[Здесь  $R_3 = 4ib(1 + r\partial/\partial r)$ .] Знак третьего коммутатора отличает эту алгебру от  $O(3)$ . Выбирая  $b = -1/4$ , мы получим  $O(2,1)$ .

Более того, можно заменить  $R_1 \rightarrow \lambda R_1$ ,  $R_2 \rightarrow \lambda R_2$ ,  $R_3 \rightarrow \lambda^2 R_3$ , сохраняя структуру коммутаций (т.е. это автоморфизм алгебры). Коэффициенты  $A_{1,2}$  зависят от выбора  $\lambda$ :  $A_{1,2} = (1 \pm 4k^2/\lambda^2)/2$ . Взяв  $l = 2k$ , можно обратить второй коэффициент в нуль и привести исходное уравнение к виду  $R_1 \Psi = \xi \Psi$  ( $\xi = me^2/k$  — кулоновский параметр).

Лестничные операторы  $R_{\pm} = R_2 \pm iR_3$  коммутируют с  $R_1$  по правилу  $[R_1, R_{\pm}] = \pm R_{\pm}$ . Они играют роль повышающего и понижающего операторов: если  $R_1 \Psi_{\xi} = \xi \Psi_{\xi}$ , то существует  $\Psi_{\xi \pm 1} = R_{\pm} \Psi_{\xi}$ , т.е. операторы  $R_{\pm}$  движутся по «лестнице» собственных значений  $\xi$  с шагом  $\pm 1$ .

В отличие от операторов Шредингера они не зависят от  $\xi$ ! Тем не менее, между ними есть связь — на множестве решений уравнения Шредингера они эквивалентны:

$$R_{\pm} \Psi_{\xi} = [R_1 + 2br \pm (1 + r\partial)] \Psi_{\xi} = (\xi - kr \pm \partial r) \Psi_{\xi} = \pm S_{\pm} \Psi_{\xi}.$$

Этим объясняется и достижение Шредингера и успех Румера.

**Динамическая группа.** Таким образом, система волновых функций кулоновой задачи есть неприводимое представление алгебры  $O(4) \otimes O(1,2)$ , т.е. прямого произведения пара- и метасимметрий. Это произведение является подалгеброй конформной алгебры  $O(4,2)$  и может быть погружено в неё. При этом появляются ещё два вектора, которые, будучи похожими на *вектор Лапласа*, в отличие от него, не коммутируют с гамильтонианом. Они дополняют *операторы Румера* в том смысле, что заодно с радиальным квантовым числом меняют также и орбитальное.

### 3. Разное

**Удивительное совпадение.** Замечательным примером глубокого действия симметрии является удивительное совпадение трёх независимых вычислений [12–14] сечения

рассеяния  $\alpha$ -частиц ядром

$$d\sigma = (e^2/4E)^2 d\Omega/\sin^4(\theta/2)$$

В своё время Резерфорд, сравнивая наблюдения с расчётами, основанными на этой формуле, пришёл к идее планетарного строения атома. Было бы крайне нежелательно, если бы квантовые вычисления дали другой результат. К счастью, этого не произошло!

Заметим, что в процессе рассеяния передача импульса  $\Delta = |\mathbf{p} - \mathbf{p}_0|$  инвариантна относительно сдвигов и вращений пространства импульсов. Это значит, что в плоскости рассеяния  $\mathbf{p} \cup \mathbf{p}_0$  действует алгебра  $O(2,1)$  [ подалгебра полной алгебры Баргмана  $O(3,1)$ ].

По размерности  $d\sigma \propto \hbar^2 \Delta^{-3} d\Delta d\varphi = \hbar^2 d\Omega/16p^2 \sin^4(\theta/2)$ . Таким образом, характерная угловая зависимость обусловлена симметрией (плоскости рассеяния). Безразмерный коэффициент в этом соотношении содержит квадрат кулоновского параметра  $(e^2/\hbar V)^2$ ,<sup>12</sup> в результате чего квантовая постоянная  $\hbar$  выпадает!

Итак, причиной совпадения служит симметрия.

**Пропагаторы.** В расчётах явлений с учётом кулоновского взаимодействия остро необходима функция Грина (так называемый пропагатор). В середине 1960-х годов разгорелась дискуссия между сторонниками координатного и импульсного представления этой величины. Преимущества и недостатки каждого подхода зависят от конкретных условий, так что эта борьба напоминает известный спор «остроконечников» с «тупоконечниками».

Ю. Швингер представил свой вариант решения этой «проблемы» [20], применив 4-мерный метод Фока. Он воспользовался замечанием Фока о том, что в 4-мерной задаче функция Грина имеет спектральное разложение ( $v$  — кулоновский параметр)

$$G(\xi, \xi') = \sum_{nim} \frac{\Omega_{nim}(\xi)\Omega_{nim}^*(\xi')}{1 + v/n}$$

<sup>12</sup> Кулоновский параметр не может входить в первой степени, так как он содержит скорость, которая меняет знак при отражении времени; это наглядно видно уже в борновском приближении.

Сумма по  $l, m$  равна  $n \sin(n\omega)/2\pi^2 \sin \omega$ , откуда

$$G(\xi, \xi') = \sum_n n^2 \sin(n\omega) (n + \nu)^{-1} / 2\pi^2 \sin \omega,$$

а сумма по  $n$  с помощью интеграла  $\int_0^\infty \exp[-(n + \nu)t] dt = (n + \nu)^{-1}$  приводит к формуле

$$G(\xi, \xi') = \frac{1}{4\pi^2} \int_0^\infty dt e^{-\nu t} \frac{d^2}{dt^2} (\cosh t - \cos \omega)^{-1}.$$

Безусловно, этот элегантный вывод впечатляет, если бы не ехидное замечание Швингера (в сноске), что он знал его ещё 20 лет назад, задолго до работ своих «соперников» [21, 22]. Он, однако, умолчал о том, что все его вычисления, включая пресловутый интеграл, были известны Фоку...

### Заключение

Итак, мы можем зафиксировать в качестве «экспериментального» факта — понимание кулоновой симметрии прошло три этапа, каждый длиной в сто лет:

1) от Я. Германа до П. Лапласа (разрозненные постоянные интегрирования);

2) от П. Лапласа до У. Гамильтона (интегралы движения);

3) от У. Гамильтона до В. Фока (группы симметрии как источник сохраняющихся величин).

Этот «эксперимент» принадлежит истории.

### Литература

1. *Аносов Д.В.* От Ньютона до Кеплера. — М.: МЦНМО, 2006.
2. *Bertrand J.* Theoreme relatif au mouvement d'un point attire vers un centre fixe // *Compt. Rend.* 1873. Т.77. Р. 849.
3. *Арнольд В.И.* Математические методы классической механики. — М.: Наука, 1974.
4. *Marquis de la Place P. S.* Traite de mecanique celeste. — Paris: 1798.
5. *Pauli W.* Ueber das Wasserstoffspektrum von Standpunkt der neuen Quantummechanik // *Zs. Phys.* 1926. Bd. 36. S. 336–363.

6. *Podolski B., Pauling L.* The momentum distribution in hydrogen-like atoms // *Phys. Rev.* 1929. V. 34. P. 109–116.
7. *Hylleraas E.A.* Die Wellengleichung des Keplerproblems im Impulsraum // *Zs. Phys.* 1932. Bd. 74. S. 216–224.
8. *Fock V.A.* Zur Theorie des Wasserstoffatoms // *Zs. Phys.* 1935. Bd. 98. S. 145–154.
9. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Квантовая механика, 5 изд. — М.: Физматлит, 2001.
10. *Kustaanheimo P.* Spinor regularization of Kepler motion // *Ann. Univ. Turkuensis.* 1964. V. 73, № 1. P. 3–7.
11. *Грановский Я.И.* Проблема Кеплера. XXI век. — Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008.
12. *Rutherford E.* The scattering of  $\alpha$  and  $\beta$  particles by matter and the structure of the atom // *Phil. Mag.* 1911. V. 21. P. 669–688.
13. *Born M.* Quantenmechanik der Stossvorgaenge // *Zs. Phys.* 1926. Bd. 38. S. 803–827.
14. *Gordon W.* Ueber den Stoss zweier Punktladungen nach der Wellenmechanik // *Zs. Phys.* 1928. Bd. 48. S. 180–191.
15. *Bargman V.* Zur Theorie des Wasserstoffatoms // *Zs. Phys.* 1936. Bd. 99. S. 576.
16. *Попов В.С.* О скрытой симметрии атома водорода / В кн.: Физика высоких энергий. — Киев: Наукова думка, 1967. С. 702.
17. *Bander M., Itzykson C.* Group theory and the hydrogen atom” (I–II) // *Rev. Mod. Phys.* 1966. V. 38. P. 330–345, 346–358.
18. *Schroedinger E.* A method of determining quantummechanical eigenvalues and eigenfunctions // *Proc. Irish. Acad.* 1940. V. A46. P. 9–16.
19. *Румер Ю., Дмитриев В.* Алгебра  $O(2,1)$  и атом водорода // *ТМФ.* 1970. Т. 5. С. 276–280.
20. *Schwinger Y.* Coulomb Green’s function // *J. Math. Phys.* 1964. V. 5. P. 1606–1608.
21. *Wichmann E., Woo C.* Integral representation for the nonrelativistic Coulomb Green function // *J. Math. Phys.* 1961. V. 2. P. 178–180.
22. *Hostler L.* Coulomb Green’s function and the Furry approximation // *J. Math. Phys.* 1964. V. 5. P. 591–611.



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

## **КРОСС-ЭФФЕКТ В ДИНАМИЧЕСКОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ЯДЕР. МЕЖДУ ФИЗИКОЙ И ХИМИЕЙ<sup>1</sup>**

Шёл 1962 г. Я тогда работал в НИФХИ им. Л.Я. Карпова<sup>2</sup>, куда пристроился по распределению после мало удачного окончания аспирантского срока на физфаке МГУ, начинал осваивать азы химической радиоспектроскопии ядерного магнитного резонанса (ЯМР). В результате аспирантуры я опубликовал пару работ по динамической поляризации ядер (ДПЯ) [1, 2], но сделать из них полноценную диссертацию было невозможно. Создать в НИФХИ своё направление, которое бы продолжило линию, начатую в аспирантуре физфака МГУ, получение аномально поляризованных, т.е. в аномальной степени ориентированных в магнитном поле (при насыщении ЭПР) атомных ядер, я был не в силах. И вдруг я неожиданно получил возможность продолжить свою работу, а точнее сделать новую работу на более высоком уровне и в направлении, близком к тому, чем

---

<sup>1</sup> Воспоминания о стажировке автора в ФИАНе в 1962–1963 гг. и исследование развития возникших при этом идей в мировой литературе.

<sup>2</sup> Научно-исследовательский физико-химический институт был основан постановлением СНК РСФСР в 1918 г. Л.Я. Карпов был одним из первых руководителей этого института. Все годы своего существования это был промышленный институт, но в то же время там работали ведущие учёные-химики СССР Н.А. Бах, В.А. Каргин, В.Я. Колотыркин и др., включая специалистов по квантовой химии. В 1950–1960-е гг. в НИФХИ началось внедрение методов химической радиоспектроскопии, в котором и автор настоящей статьи принял скромное участие. Нужно отметить, что мою стажировку в ФИАНе одобрили и поддержали мои руководители профессор Д.Н. Шигорин и к.ф.м.н. А.К. Пискунов.

я занимался в аспирантуре. Воспоминания об этом всплыли, когда, занимаясь подготовкой обзора по истории магнитного резонанса [3], я встретил цитирование наших работ 1963–1964 гг. в самых продвинутых публикациях по ДПЯ уже в XXI веке. Именно это подвигло меня взяться за публикацию этой долгой истории маленькой идеи, чего-то вроде воспоминания об исследованиях или, скорее, исследования воспоминаний. Немаловажной причиной появления статьи послужили размышления о влиянии взаимодействия физики и химии на развитие этих наук на собственном опыте автора и его коллег.

Фотопортреты некоторых участников описанных ниже событий см. в Приложении 1 (фотоархив). Что же касается научных проблем, вокруг которых разворачивается наша история, о них см. также Приложение 2 «К теории и истории динамической поляризации ядер». Список литературы общий для основной части и приложений приведен в конце публикации.

### **Не было бы счастья, да несчастье помогло**

Мой друг Валерий Александрович Миляев знал о моём бедственном положении с повисшей после окончания аспирантуры диссертацией. Осенью 1962 г. он предложил мне своё посредничество в организации моей стажировки в группе А.А. Маненкова Лаборатории колебаний Физического института (ФИАН)<sup>3</sup>. Та установка [2], которую я соорудил с помощью механика Е.С. Горюнова в подвале физфака, быстро (буквально за два месяца после запуска, на который понадобилось два года) исчерпала свой исследовательский потенциал. Была она громоздкой, не очень оригинальной и весьма несовершенной (нестабильной, малочувствитель-

---

<sup>3</sup> Лаборатория колебаний ФИАН являлась детищем Л.И. Мандельштама и Н.Д. Папалекси, после смерти последнего в 1947 г. недолгое время ею руководил М.А. Леонтович, а вскоре во главе Лаборатории встал А.М. Прохоров. Первые годы его руководства были ознаменованы работами в области синхротронного излучения, а затем он перешёл к работам в области радиоспектроскопии (сначала молекулярной вращательной, а уже потом спектроскопии ЭПР кристаллов). Впоследствии Лаборатория стала основой Института общей физики АН. А.А. Маненков был одним из пионеров применения систем, где наблюдается ЭПР, в квантовой электронике.

ной). Получить какой-то интересный эффект на такой установке можно было на считанном числе объектов, а объекты подобрать было тоже мало посильной для меня задачей. Всё началось и кончилось уже изученным в мировой литературе стабильным свободным радикалом  $\alpha, \alpha$ -дифенил- $\beta$ -пикрилгидразилом, который можно было достать у химиков, занимающихся электронным парамагнитным резонансом (ЭПР). Это была первая и последняя экспериментальная установка, созданная мною целиком от начала до конца за всю мою жизнь. Ну, я, конечно, был готов несколько изменить направление работы, лишь бы дело шло о динамической (т.е. с помощью воздействия переменного электромагнитного поля) поляризации ядер. Нужна была помощь в создании более продвинутой установки. Её создали физики из нейтронной лаборатории Объединённого института ядерных исследований (Дубна, ОИЯИ), которой руководили Илья Михайлович Франк и Фёдор Львович Шапиро. Их сотрудники Вячеслав Иванович Луциков и Юрий Владимирович Таран были командированы в центр, ведущий по части ЭПР при температурах жидкого гелия. Таким был ФИАН, лаборатория А.М. Прохорова, где Александр Алексеевич Маненков создавал установки для наблюдений ЭПР и занимался этими наблюдениями в интересах квантовой электроники (в поисках рабочих тел для мазеров). Задачей нейтронщиков было создание поляризованной протонной мишени. Сечение рассеяния нейтрона при столкновении с протоном зависит от относительной ориентации их спинов. А это значит, что с помощью поляризованной мишени можно поляризовать по спину пучок нейтронов. Про протонную динамическую ориентацию было уже известно из только-только разворачивавшихся работ К. Джеффриса и А. Абрагама и некоторых других. Луциков и Таран по инициативе Ф.Л. Шапиро начали эту работу почти одновременно с ведущими центрами мира, соответственно Беркли, Харуэллом и Сакле. Маненков им помогал, так как дело требовало возбуждения ЭПР СВЧ колебаниями. Фотоархив (Приложение 1) содержит фотографии некоторых (далеко не всех) действующих лиц этой истории.

Валерий Миляев проявил тут не просто инициативу и компетентность, но и ещё какой-то особое дружеское чутьё. На лету сообразил, что это именно то, что мне надо. К тому

же попытка «дубняков» отойти от известного уже в литературе выбора богатой протонами (водородом) мишени в виде двадцатичетырёхводного двойного лантан-магниевого нитрата (ДЛМН —  $\text{La}_2\text{Mg}_3(\text{NO}_3)_{12} \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ ) с примесью  $\text{Nd}^{3+}$  потерпела фиаско. Высокой степени поляризации на облучённых нейтронами (в ядерном реакторе) кубиках из полиэтилена получить не удалось. Поэтому, хотя другая характеристика мишени — количество протонов в единице объёма (почти  $10^{22} \text{ см}^{-3}$ ) была великолепна, как мишень в нейтронном эксперименте она не годилась. Мы с хозяевами быстро нашли общий язык, они предоставили мне, для очистки совести, возможность довести до конца попытку перебрать разные по способу получения и степени облучения образцы полиэтиленов (производства жидкого гелия в ФИАНе хватало, чтобы на некоторое время почти в полтора раза увеличить частоту экспериментов по ДПЯ). Совесть наша оказалась чиста: хоть стой на голове, а добиться возрастания степени поляризации в облучённых полиэтиленах (ОПЭ) больше чем в 20–30 раз по сравнению с равновесной никак не получалось. А это недотягивало на порядок до нужной цифры даже при 1,6 К.<sup>4</sup> Кроме всего, именно мне было поручено «методом спокойного всматривания» в результаты попытаться объяснить, что же мешает получить высокий коэффициент ДПЯ на ОПЭ.

Прежде всего нужно было понять, почему разность частот, при которых наблюдаются максимумы соответственно положительной и отрицательной поляризации не равна ни удвоенной частоте ЯМР протонов  $2\omega_n$ , ни ширине линии ЭПР (ср. Приложение 2, п. 2.4). Так должно быть при ожидаемом так называемом солид-эффekte [4]. В нашем же случае эта разность изрядно возрастала при понижении температуры (измерения проводились при 77, 4,2 и 1,6 К и максимумы всё сильнее разъезжались при понижении температуры). Коэффициент же усиления ДПЯ, измерен-

---

<sup>4</sup> Поляризация ядер  $p$  при эффектах ДПЯ должна в пределе стремиться к тепловой поляризации электронов  $P$  (см. Приложение 2), а при 1 К значение  $P$  в магнитном поле 0,3 Тл порядка  $10^{-1}$ . Но усиление (возрастание)  $p$  в результате ДПЯ для достижения нужного результата должно было быть несколько сотен, а не десятков (как в нашем случае) раз, т.е. на порядок ближе к предельному.

ный по возрастанию сигнала ЯМР, при этих трёх температурах был практически одинаков для каждого из образцов, а для разных образцов, похожих по технологии получения и облучения ОПЭ высокого давления, лишь немного (процентов на 20–30) различались. Какой эффект заставлял ядра поляризоваться, если не переброс их спинов при воздействии СВЧ вместе с электронным спином из одной ориентации в другую (в том же или обратном направлении с перебросом ориентации электронного спина), что и назвали «солид-эффектом»? Картину ЭПР изучили на установке Маненкова и, оказалось, что при наблюдаемой ширине линии ЭПР нельзя было ожидать классического солид-эффекта. Линия ЭПР имела столь большое уширение  $\delta\omega_e$ , что внутри её контура «тонули» нужные для такого процесса описанные выше совместные электронно-ядерные так называемые «запрещённые» переходы, линии которых должны были в спектре наблюдаться при  $\pm \omega_n$  (частота ЯМР) от центра линии ЭПР, если  $\omega_e \gg \omega_n$ . Но при солид-эффекте в этом случае разность между максимумами была бы равна ширине линии ЭПР  $\delta\omega_e$  между максимумами производной этой линии, как должно было быть при  $\delta\omega_e > 2\omega_n$ . Но и это условие не выполнялось. И главное обстоятельство: время релаксации протонов  $T_{1n}$  было намного короче, чем ожидалось для времени релаксации этих самых запрещённых переходов. Это время было равно не  $T_{1e}/\sigma$ , где «фактор запрета»  $\sigma = (\omega_{dd}/\omega_e)^2$ , ( $\hbar\omega_{dd}$  — энергия дипольного взаимодействия ближайшего к парамагнитной примеси ядра и электрона, см. в Приложении 2 комментарий к (2.5.2)), а примерно  $10^{-4} \cdot T_{1e}/\sigma$ . Правда, линейная зависимость  $1/T_{1n}$  от  $1/T_{1e}$  имела место.

Эти вопросы я, между прочим, обсуждал в переписке с известным классиком теории ядерной релаксации и поляризации Гиви Ражденовичем Хуцишвили. И однажды он прислал мне текст своей краткой заметки [5] ещё до выхода её в свет, в которой указал, что скорость релаксации протонов  $1/T_{1n}$  должна быть в нашем случае пропорциональна времени электрон-электронной релаксации  $\sigma$  ( $1/T_{2e}$ ), а не  $\sigma$  ( $1/T_{1e}$ ), где  $T_{2e} \approx 10^{-4}$  с в отличие от  $T_{1e} \approx 1$  с уже при 77 К (а при более низкой температуре — время  $T_{1e}$  еще длиннее!). Цифры для  $T_{2e}$  (точнее, для времени релаксации

диполь-дипольного резервуара  $\tau_{\text{ДР}}$  или установления равновесия внутри неоднородно уширенной линии ЭПР, см. Приложение 2) были экспериментально получены с моим участием В.А. Миляевым в порядке дружеской помощи на установке А.А. Маненкова. За этой процедурой нас застукал сам Александр Михайлович Прохоров, который, презрительно глянув на кривую, явно представляющую сумму двух затухающих экспонент (одной — короткой и другой, ну очень длинной), бросил на ходу: «Ерундой (это прозвучало как «Эрундой»...) занимаетесь...». Недавно я понял смысл замечания будущего лауреата Нобелевской премии. Н.В. Карлов в «Книге о московском Физтехе» [6. С. 321] указал, что Прохоров тогда исподволь переводил свою лабораторию на рельсы исследований и применений лазерного излучения, а мелкие проблемы радиоспектроскопии уходили для него в прошлое.

Одно следует заметить: не каждому физика удаётся в своей жизни хоть на пару лет попасть в такой центр, как ФИАН. Спасибо ФИАНу, спасибо Маненкову, спасибо Миляеву, спасибо Славе Луцикову и Юре Тарану!

### Я закругляюсь

В релаксации электронных спинов после импульсного насыщения наблюдались две экспоненты (но снято было лишь при двух температурах). Одна экспонента — короткая с показателем, вроде бы не зависящим от температуры, другая — длинная, с постоянной времени, явно растущей с понижением температуры. Правда, относительный вес короткой экспоненты вырос с понижением температуры. А между тем, скорость ядерной релаксации ведь зависит от температуры! Кто прочитал и понял уже вышедшие к тому времени работы Провоторова ([7], см. также [8, 9]), сразу бы сказал, что есть не просто время спин-спиновой релаксации электронов  $T_{2e}$ , а существует время релаксации диполь-дипольного резервуара (ДДР) или «резервуара взаимодействий» (РВ)  $\tau_{\text{ДР}}$  системы электронных спинов и оно обязано меняться с температурой, ведь, в конечном счёте, излишки энергии уходят в решёточный резервуар с очень большой теплоёмкостью и определённой температурой  $T_L$ . Конечно, скорость спин-спиновой релаксации может зави-

сеть от температуры примерно так же, как скорость ядерной релаксации в случае широких неоднородно уширенных линий хотя бы в силу сравнимости ширины линии ЭПР и частоты ЯМР. Анализ ситуации не был нами доведен до логического завершения. Но главное — мы сошли с позиций эффекта насыщения непосредственно совместных запрещённых (электронно-ядерных) переходов. Подсказку Хуцишвили понять нам оказалось легче, не задумываясь о различии между  $\tau_{He}$  и  $T_{2e}$ , а собственно идеи Провоторова с первого раза не дошли даже до самого Анатоля Абрагама (см. об этом в [8]).

Прочитав работу Портиса [10], мы поняли и приняли идею спектральной спиновой диффузии (ССД), благодаря которой неравновесность, обусловленная насыщением одного участка («спинового пакета», по Портису) линии ЭПР, распространяется на весь контур (в той или иной мере). Может быть, эта спектральная диффузия в нашем случае имела не только такой простой, как по Портису, механизм диполь-дипольной эстафеты, а была отчасти связана и со сложными процессами в ближней сфере парамагнитного центра, по нашим предположениям,  $\dot{R} = -(\dot{C}H - (CH_2)_m)_-$ , где  $m \geq 2$ . Тут действовала бы ещё относительно быстрая релаксация  $4m + 1$  протонов центра  $\dot{R}$ . Впрочем, процессы кросс-релаксации электронных спинов при этом не отменяются и продолжают по нашей гипотезе (которая, по-видимому, оправдалась) управлять взаимодействием электронной спиновой системы с основными ядрами образца.

Надо было скорее публиковаться и защищать диссертацию. Поджимали и рабочие, и домашние дела. Идею мы опубликовали в первую очередь совместно с нашим хозяином А.А. Маненковым. Поспешность привела к избытку опечаток в статье [11]. Вскоре вышла более развёрнутая статья всех четырёх авторов [12], которая также содержала не только описание эксперимента, но и его интерпретацию. При обсуждении мои соавторы в целом одобрили подход, который я уловил из подсказки Хуцишвили. Значит, вперёд! Диссертацию я писал как-то между делом, ясно уже было из бесед с компетентными лицами (С.А. Альтшулером, А.И. Маклаковым, Р.А. Даутовым в Казани и переписки с Хуцишвили), что она пойдёт. В оппоненты я взял

Г.В. Скроцкого (см. о нём [13]) и уже упомянутого Рифгата Ахметзяновича Даутова из Казани.

В конце концов мы приблизились к современному для той поры пониманию нашего эффекта. Это было сочетание двух эффектов: спектральной спиновой диффузии (ССД) в неоднородно уширенной линии и электронно-ядерной кросс-релаксации (ЭЯКР, впоследствии просто кросс-эффекта или КЭ). Процесс ЭЯКР заключается в том, что спин электрона с частотой ЭПР  $\omega_e$  переориентируется в одном направлении — туда. Спин другого электрона с резонансной частотой  $\omega_e \pm \omega_n$  — сюда (т.е. в противоположном направлении). А чтобы скомпенсировать разность энергий, переориентируется ещё и ядерный спин с частотой резонанса  $\omega_n$ .

Что касается релаксации электронных спинов, там дело идёт о подлинном спин-решёточном процессе (релаксации резервуара взаимодействий спинов). Тогда и убывание скорости релаксации с понижением температуры стало бы вполне понятным. Ведь процесс происходит с излучением и поглощением квантов разной энергии, и зависимость от

фактора  $\frac{\hbar\omega_n}{kT}$  для скорости обмена энергией между разными резервуарами никуда не денется.

Явный эскизный характер статьи [11] заставил меня подготовить более серьёзную публикацию, причём для помощи в написании итоговой статьи я привлёк своего друга и сокурсника по физфаку Георгия Ивановича Пятницкого. Он был одним из немногих, кто в то время (по особым причинам) имел доступ к наилучшей в СССР ЭВМ типа БЭСМ-6. Без всякого на то разрешения своего начальства (не считая самого непосредственного, который тоже был с нашего курса и наш лучший друг Ф.Ф. Измайлов, см. о них в [14]) он посчитал на БЭСМ-6 что-то около 12–15 вариантов задачи с разными вариациями параметров. Более аккуратно выписанные формулы и довольно небрежно представленные результаты сравнения теории с экспериментом были опубликованы мною и Маненковым<sup>5</sup> [15] с участием в соавторах сотрудника некоего «закрытого» конструкторского бюро Пятницкого (непонятно, как это сошло нам с

---

<sup>5</sup> Статья [15] была направлена в печать от НИФХИ им. Л.Я. Карпова.



рук?). Статья вышла уже чуть позже защиты моей кандидатской [16], которая состоялась в Казани 12 марта 1964 г. Сама защита прошла хорошо. Она была прилично срежиссирована, не в последнюю очередь благодаря сотруднику Скроцкого Адольфу Петровичу Степанову, которому было поручено готовить для шефа отзыв. Мы со Степановым согласовали по переписке и по телефону с десятком замечаний, на которые я мог бы изящно ответить и ответил, естественно. Удалось мне уже экспромтом удачно ответить и на многочисленные вопросы Уно Хермановича Копвиллема, очень заводного и любознательного человека из Казанского физико-технического института АН. В Казани у меня возникла небольшая группа поддержки из лабораторий Альтшулера и Даутова, которая помогала развешивать плакаты, собирать их, участвовала в отправке документов и т.п. Это были, прежде всего, Виктор Данилович Корепанов и Юрий Леонидович Попов. С ними и их коллегами немало часов мы просидели в лабораторной обстановке за лёгкой закуской и крепкой выпивкой. Эти посиделки были заменой традиционного банкета. Как вскоре мне стало известно, 12 июля 1964 г. ВАК утвердил результаты защиты.

### **Участвую в подведении итогов**

Между тем у меня на руках уже был английский текст книги Карсона Джеффриса «Динамическая ориентация атомных ядер», который с подачи того же Скроцкого мне поручила перевести на русский язык редакция физики издательства «Мир» в лице Александра Александровича Гусева (см. о нём [17]). Я прошёл тест на пробный перевод и со мной заключили договор. Привычку обращаться за помощью к мэтрам и коллегам и работать в коллективе я принёс из опыта своей дипломной работы, да, пожалуй, и из совсем другой области, где мы впервые подружились с Валерием Миляевым, из области сочинения и постановки самодеятельных оперных спектаклей силами студентов и аспирантов физиков («оперное творчество»). Так вот, каждую свою мысль и каждое своё недоумение я стремился обсудить с более компетентными (как мне казалось, да и

было) или особо заинтересованными коллегами. Я творил вокруг своего перевода нагромождение примечаний и дополнений. Тем более область продолжала активно развиваться, а я уже привык следить за литературой<sup>6</sup>. Отклик на свои запросы и недоумения я находил у своего нового друга, теоретика из Грузии Левана Буишвили (см. рассказ о нём [18]), и у коллег по ДПЯ Тарана и Лущикова. Сам Маненков обсуждал со мной отдельные вопросы и давал настоятельные советы по примечаниям. А Скроцкий списался с автором книги Джеффрисом (США, Беркли), и тот прислал фактически новый текст основной главы с учётом своих последних экспериментальных результатов.

Однажды Юра Таран привёз мне текст обзора А. Абрагама и М. Боргини «Получение поляризованных ядерных мишеней методом динамической поляризации ядер». Мне подали идею объединить перевод обзора с переводом книги Джеффриса. Скроцкий приветствовал это, и книга выросла примерно на 25 % в объеме и заметно в идейном плане [19]. Абрагам к тому времени уже стал горячим пропагандистом идей Провоторова (о них я уже выше упоминал). А у меня появился повод познакомиться с Борисом Провоторовым (он был практически мой ровесник) и получить от него еще материал для дополнений к переводу. Получилось так, что работа по изданию перевода подводила для русскоязычного читателя итоги некоего этапа в применении ДПЯ для создания поляризованных ядерных мишеней. Джеффрис и его лаборатория уже получили мишени с достаточной для эксперимента поляризацией, пригодные для опытов с высокой (200 МэВ и выше) энергий пучков (объёмные мишени). Также массивные мишени были получены в Харуэлле (Великобритания, их описали Абрагам с Боргини).

Естественно, авторы обзора описали и свои тонкие мишени для опытов с низкими энергиями рассеиваемых пучков и аналогичные мишени, также полученные в Харуэлле. Однако и наши исследователи (мои соавторы Лущиков и Таран) вписались в этот ряд, получив довольно массивную мишень, пригодную для поляризации пучка нейтронов,

---

<sup>6</sup> В те годы в СССР авторское право не уважалось и западные обычаи переводить книги только в «натуральном виде» не соблюдались.

которую я с помощью их препринта изложил в одном из дополнений переводчика [19. С. 237–238]. В другом дополнении [19. С. 217–219] я, конечно, изложил и свои скромные достижения и соображения об эффектах спектральной спиновой диффузии (ССД) и электронно-ядерной кросс-релаксации (ЭЯКР)<sup>7</sup>. Все ДПЯ ориентированные мишени середины 1960-х годов создавались на кристаллах 24-водного ДЛМН. Как раз в это время близился перелом в технике ДПЯ. Все попытки сойти с ДЛМН (он плох из-за большого числа тяжёлых ядер, мешающих эффектам на более высоких энергиях рассеиваемых пучков) давали первое время отрицательные результаты. Но в ходе таких попыток развивались представления о механизмах электронно-ядерных взаимодействий, ведущих к ДПЯ или препятствующих ДПЯ. Надо сказать, что попытки получить «хорошую» ДПЯ в полимерах, твердых при комнатной температуре, полностью проваливались и у других исследователей как в облучённых, так и в допированных радикалами полимерах.

В 1969–1974-х гг. были, наконец, найдены и освоены эффективные среды для поляризованных мишеней на базе ДПЯ — это замороженные растворы комплексов переходных металлов или радикалов в богатых протонами жидкостях (смеси воды со спиртами и т.п.). Эти объекты позволили получить высокую степень поляризации протонов или дейтронов в среде, где ядер тяжелее нуклидов углерода и кислорода практически не было. Об этих достижениях упомянул в своих обзоре 1978 г. [20] и книге 1980 г. [21] Владимир Александрович Апаркин, с которым я постепенно подружился в эти годы, во многом благодаря регулярно проводимым под эгидой Скроцкого Всесоюзным школам по магнитному резонансу.

Проблема получения мишеней с помощью ДПЯ успешно решалась с помощью новых сред, очень низких температур и очень высоких магнитных полей. Но никаких сенсаций в исследованиях взаимодействий поляризованных частиц в

---

<sup>7</sup> Там было сказано, в частности: «Наблюдаемые закономерности могут найти свое объяснение в предположении, что основным механизмом динамической поляризации является взаимодействие ядерных спинов со спин-спиновой электронной системой, или так называемая электронно-ядерная кросс-релаксация при насыщении неоднородно уширенной линии электронного резонанса».

ядерной физике не последовало, и вопрос о том, не дать ли кому-либо из авторов экспериментов с ДПЯ Нобелевскую премию, ни разу не вставал. Правда, в другой области спиновых фазовых переходов (дипольный ядерный ферро- и антиферромагнетизм) А. Абрагам и его команда получили с помощью ДПЯ уникальнейшие, но, к сожалению, не оценённые коллегами результаты.

Нельзя не вспомнить, что именно в годы, непосредственно предшествующие выходу нашего перевода, окончательно утвердилась теория Провоторова. Её интерпретация Маей Исааковной Родак [22] была для практиков важнейшим результатом исходной теории Провоторова. Родак получила для случая чисто дипольного уширения линии наглядную картину изменения температуры резервуара взаимодействий (в данном случае ДДР). Теория получила наглядное подтверждение в опытах Ацаркина, С.А. Моршнева [23]. Эта картина, выраженная в формуле для контура линии ЭПР при её насыщении (облучении) на одной из частот, очень напоминала нафантазированную нами картину контура облучаемой неоднородно уширенной линии.

Это была картина «внутренней напряжённости» в данном случае дипольно уширенной линии. Данный эффект напоминает поляризацию, отражает нагрев некоего условного диполь-дипольного резервуара (ДДР), по Провоторову (см. Приложение 2). Чем сильнее облучение, тем сильнее отличие температуры зеemanовского резервуара  $T_z$  от температуры решётки  $T_0$ , линия «садится», но садится неравномерно. На частотах, отличающихся от резонансной более чем частота облучения, даже наблюдается испускание вместо поглощения, а ближе к центру линии — небольшой рост интенсивности поглощения. Идея, высказанная сначала Кожушнером и Провоторовым, что неравновесность в ДДР передаётся ядерным спинам, вызывая ДПЯ, получила подтверждение в опытах Ацаркина и А.Е. Мефёда, инициированных М.И. Родак [24]. Такой (аналогичный) эффект получил у Абрагама–Боргини название «Thermal mixing» (тепловое смешивание), а у Кожушнера, Ацаркина и иже с ним — «динамическое охлаждение» (ядерных спинов)<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Диполь-дипольный электронный резервуар перегревается, а за этот счёт ядерный зеemanовский — охлаждается.

Ацаркин в [20, 21] наглядно показал, что ДПЯ при насыщении широких линий ЭПР имеет характер динамического охлаждения. Опыты на линиях ЭПР, уширенных далеко не только одними дипольными взаимодействиями, давали намёк на то, что и для любой, и в том числе неоднородно уширенной, линии ЭПР это тепловое смешивание, оно же динамическое охлаждение, имеет место.

### Идею начинают замечать

То, что нас процитировал в своём обзоре 1965 г. Гиви Хуцишвили [25], не удивительно. Он в определённом смысле был крестным отцом толкования эффекта в облучённых полиэтиленах. Но саму идею он не описывал. Наши экспериментальные данные цитировались в [25] и упоминалось, что мы их как-то (без подробностей) пытаемся объяснить кросс-релаксацией между электронами парамагнитных центров. Но в конце 1966 г. на ту же идею, что и мы, натолкнулись молодые американские исследователи в Северо-западном университете штата Иллинойс — ассистент Честер Ф. Хванг и аспирант Дэниел А. Хилл [26, 27]. Молодые авторы нашли, что расстояние между максимумами поляризации (положительной и отрицательной) заметно больше удвоенной частоты ЯМР. Нашли в уже скомпрометированных как мало перспективных для мишенной системах: твёрдый раствор радикалов в полимере (в данном случае раствор феноксирадикалов типа так называемых радикалов Коппингера и радикалов Лея [28]). Они назвали статью «Новый эффект динамической поляризации ядер». Когда они стали объяснять эффект, они пришли к выводу об эффекте ЭЯКР (не называя его, впрочем, так). В публикации феноменологической теории [27], которая последовала (представлена в журнал) через 10 месяцев после экспериментальной, заметили нашу статью [15], отметив, что речь идёт примерно о тех же эффектах (первое иностранное цитирование наших работ). След наших первоцитирующих вскоре затерялся на необъятных научных просторах США.

Бывший аспирант Д. Хилл успешно работал (судя по примечаниям к его статье в *Phys. Rev. Letters*) в Аргонн-

ской национальной лаборатории<sup>9</sup>. В 1969 г. он с участием прежнего соавтора Ч. Хванга, также уже не работавшего в Northwestern University, Evanston, Illinois (для начала он перешёл тоже не куда-нибудь, а в самый Лос-Аламос<sup>10</sup>), и некоторых других опубликовал статью [29] о сильной поляризации протонов в замороженном растворе радикала порфирексида [30] в смеси воды и бутанола. Так или иначе (можно за них порадоваться) они были в первых рядах тех, кто перевёл мишени с громоздкого в получении и богатого тяжелыми ядрами, в которых протонов было больше, чем в атомах водорода, ДЛМН на более простые по составу и технологии получения водно-органические растворы. На страницах журналов семейства PROLA<sup>11</sup> я ещё не раз заметил Д. Хилла, а вот Ч. Хванг в моём поле зрения больше не появился.

Между тем я вскоре (через пару лет) после этого после нескольких дней обдумывания отказался от перехода из Института органической химии АН СССР в ИТЭФ на работу с ориентированными ДПЯ мишенями. Меня испугали надежды, возлагавшиеся на меня как на творца изошрённых и эффективных экспериментальных установок для создания поляризованных ядерных мишеней. Меня уже успела засосать рутинная спектальная анализа ЯМР на готовых установках.

А время шло. Я ушёл (не без скандала) из ИОХа и устроился в промышленный Институт реактивов и особо чистых химических веществ (ИРЕА), где продолжал заниматься спектроскопией ЯМР высокого разрешения. Больших успе-

---

<sup>9</sup> Аргоннская национальная лаборатория (Argonne National Laboratory) — одна из старейших и крупнейших лабораторий Министерства энергетики США создана в 1946 г. на базе лаборатории Манхеттенского проекта. В лаборатории открыты новые элементы эйнштейний и фермий, разработаны новые типы ядерных реакторов и ускорителей и т.д. Среди сотрудников лаборатории лауреаты Нобелевской премии Э. Ферми, М. Гепперт-Майер, А.А. Абрикосов. Лаборатория расположена в 40 км к юго-востоку от Чикаго (Иллинойс).

<sup>10</sup> Los Alamos National Laboratory — крупнейшее (9 тыс. штатных сотрудников) учреждение Министерства энергетики США, создана на базе одного из центров Манхеттенского проекта в Лос-Аламосе (Нью-Мексико). Проводит теоретические и экспериментальные работы в интересах ядерных, космических и других инновационных проектов.

<sup>11</sup> Physical Review On Line Archive.

хов я на своём новом поприще не снискал, но кое-какую пользу химикам приносил. Обаяние двойных резонансов и аномальных поляризаций не отпускало меня все эти годы, но это были уже ядерно-ядерные двойные резонансы и аномальная поляризация ядер в химических реакциях (ХПЯ или ХИДПЯ). На этом я с трудом набрал на докторскую диссертацию, которую с третьего захода подал на Совет и защитил (тоже в Казани). В 1976 г. я с трепетом ждал итогов чёрного оппонирования в ВАКе (см. об этом в [31]). И тут нас в 1975–1976 гг. снова заметили в Штатах, на сей раз в Блэксбурге, штат Вирджиния, в так называемом «Политехническом институте и Государственном университете». Профессор Дэвид С. Уоллен (D.S. Wollan) работал на старомодных, уже испытанных в некоторых других модификациях этилсульфатах. В данном случае — этилсульфатах иттрия с примесью парамагнитных ионов эрбия. При промежуточных концентрациях парамагнитной примеси наблюдался такой же эффект «раздвижения максимумов поляризации», как у нас и у Хванга с Хиллом. Уоллен опубликовал подобно Хвангу и Хиллу две статьи, одна с упором на эксперимент [32], другая — на феноменологическую теорию [33]. Обе были опубликованы в одном номере журнала. Статьи Уоллена были более длинные, чем у Хванга и Хилла, и как бы более солидные, теоретический обзор подробнее. Именно Уоллен ввёл прижившийся уже в XXI веке термин для эффекта: «кросс-эффект» (КЭ, по-английски CE). Нас упоминали как первопроходцев<sup>12</sup>. В конце статьи перед списком литературы стояло примечание: «Нынешний адрес (Д.С. Уоллена) Агентство по контролю над разоружением Армии США». Я ушёл в промышленный институт, а он перебрался на казённую околонучную службу, прошёл

---

<sup>12</sup> Вот текст из Уоллена: «The basic mechanism of the cross effect (CE) was first discussed by Kessenikh et al. who considered only the case of DNP by CE in the limit of large microwave power. Hwang and Hill generalized their theory to arbitrary microwave powers». (В переводе: «Основной механизм кросс-эффекта (КЭ) впервые обсуждался Кессенихом и др., которые учитывали только случай ДПЯ при КЭ в пределе высокой СВЧ мощности. Хванг и Хилл обобщили их теорию на случай любой СВЧ мощности»). Последнее замечание можно считать совершенно справедливым, поскольку мы исходили из того, что насыщение некоторого спинового пакета полное (поляризация его электронных спинов равна нулю).

переподготовку, возглавлял делегации США на международных переговорах. Всё это я узнал случайно из Интернета.

Хорошая находка в Интернете ведёт к эмоциям, сравнимым с радостью от удачной поклёвки на рыбной ловле. Но что же можно сказать, когда на мой поиск по запросу David Wollan первый же ответ [34] был некрологом. Некрологом, опубликованным Harvey Mierke, одноклассником покойного по Армхерст колледжу штат Массачусетс выпуска 1959 г., Дэвид Уоллен (или Давид Воллан) скончался от тяжелой болезни в августе 2008 г. *Добрая ему память!*

Вскоре после публикаций [32, 33] гораздо более солидное упоминание наших работ прозвучало на страницах «Успехов физических наук» в обзоре моего нового друга Вадима Александровича Ацаркина [20]. Целый раздел [20. 1д, с. 11–13] был посвящён в этом обзоре ЭЯКР. Сопоставив затем этот случай с теорией динамического охлаждения или теплового смешивания, автор обзора выразил здоровый скепсис по поводу существования условий для действия в чистом виде тандема ЭЯКР + спектральная спиновая диффузия при отсутствии фактически более общего механизма динамического охлаждения. Эти же выводы были в вышедшей вскоре книге Ацаркина [21. С. 40–47]. Ацаркин оказался первым, кто взял на себя труд подробно изложить нашу схему сочетания ЭЯКР и ССД<sup>13</sup>. Он же обнаружил в

---

<sup>13</sup> В обзоре [20] сказано: «Тенденцией ЭЯКР является установление равенства

$$p = \pm (P_1 - P_2),$$

где  $P_1, P_2$  — поляризации <электронных> спинов  $S_1, S_2$ . Если в этих условиях одна из линий ЭПР насыщается высокочастотным полем с частотой, например,  $\omega = \omega_1$ , то  $P_1 \rightarrow 0$  и  $p \rightarrow \pm P_2$ , что весьма напоминает результат СЭ <солид-эффекта>. Подчеркнем, однако, что в данном случае достаточно возбудить разрешенные, а не «запрещенные» переходы. Картина ЭЯКР обычно осложняется одновременным действием чисто электронной двухспиновой кросс-релаксации между спинами  $S_1$  и  $S_2$ . Какой из двух видов кросс-релаксации победит в этой конкуренции, зависит от соотношения между их вероятностями  $\omega_{\pm}(\Delta_{12})$  и  $\omega_{\text{CR}}(\Delta_{12})$ , причем вероятность ЭЯКР  $\omega_{\pm}(\Delta_{12}) \approx \sigma \omega_{\text{CR}}(\Delta_{12} + \omega_1)$ , где  $\sigma$  — введенный выше «фактор запрета». (Обозначения в цитате таковы:  $\omega_{\text{CR}}$  — вероятность кросс-релаксационного перехода,  $\omega_{\pm}$  — вероятности *запрещённых переходов* ЭЯКР,  $\sigma$  — см. Приложение 2, формула (2.5.2),  $\Delta_{12}$  — *разность частот между пакетами неоднородно уширенной линии ЭПР*,  $\omega_1 = \omega_n$ .)



ДПЯ-литературе, след которой я уже начал терять, первые цитирования наших работ и признания наших идей.

В то же время сам Борис Провоторов, выслушав мои объяснения по поводу ЭЯКР, высказался в том духе, что «это — примерно, то же, что наш механизм». На том моё сердце успокоилось, а эта наука шла себе вперёд уже не только без моего участия, но даже какое-то время и без моего интереса. Тот факт, что с идеей подробно ознакомился именно Вадим Ацаркин, сыграл роль в том, что наши первые работы не были преданы забвению. Добавлю, что именно Вадим Ацаркин убедил меня недавно, что тонкое различие между механизмом КЭ (трёхспинового кросс-эффекта, как его назвал в недавнем докладе Ацаркин) и механизмом теплового смешивания ядерного зеemanовского и электрон-электронного дипольного резервуаров всё же существенно. В последнем случае обязательно участие многих спинов с перестройкой их взаимных ориентаций, а в случае КЭ достаточно двух электронных и одного ядерного спинов. Другое дело, что условий для преобладания такого трёхспинового процесса достичь трудно. В одной из последних работ Р. Гриффина и других надёжные доказательства преобладания именно КЭ для поляризации протонов в водных растворах получены при 90 К. На это Вадим обратил моё внимание. В этих условиях релаксация электронных спинов достаточно быстрая и искажения формы линии ЭПР при её насыщении носят сравнительно локальный характер (выжигается узкая «дыра»).

### На переломе

Конечно, проблемы поляризованных ядерных мишеней никуда не девались. Работы продолжались, и недавно размещённый в Интернете обзор Акира Масайке [35] красноречиво говорит об этом. Однако пророчества XX века, что в XXI веке «главной» наукой станет не физика, а биология, стали сбываться. На примере применений ЯМР (см. приложение к [3]) видно, что в 1991 г. дали Нобелевскую премию за ЯМР Р. Эрнсту, но уже в номинации *химия* (раньше специалистам по магнитному резонансу давали в номинации физика), причём в основном за *органическую* химию, в 2002 г. за ЯМР дали премию в номинации химия К. Вютриху фактически за применения в *биохимии*, а в 2003 г. П. Лотербу-

ру и П. Мэнсфилду тоже за ЯМР, но уже в *биологии и медицине!* Это, конечно, не значит, что прочая наука кончилась, но она уже стала, как будто, более рутинной.

И в применениях ДПЯ струя биохимических исследований стала отеснять к топким берегам рутинности струйку ядерных поляризованных мишеней. Появился у ДПЯ новый мощный заказчик, и это как раз и есть химическая спектроскопия ЯМР редких и обладающих небольшими гиромагнитными отношениями ядер, особо  $^{13}\text{C}$  и  $^{15}\text{N}$ . Обогащать биологически активные соединения редкими изотопами с помощью генной инженерии хлопотно, накапливать спектры путём многократного возбуждения возможно, но никакого времени не напасёшься, когда эксперименты для определения молекулярных структур при наблюдении слабых сигналов ЯМР требуют многомерной регистрации. Пожалуй, в статье 2003 г. [36] были подведены итоги первого эскизного этапа развития этого совершенно нового направления (см. об этом в нашем обзоре [3] и в цитируемой в нём литературе). Постепенно выработался алгоритм: усиливать поляризацию ядер методами ДПЯ при низких температурах и в очень сильных магнитных полях. Потом, пользуясь «замораживанием спинов» (т.е. относительно длинными временами релаксации их даже при сравнительно высоких температурах), можно переносить образец, одновременно расплавляя его, в обычный спектрометр ЯМР и там выполнять стандартные для ЯМР высокого разрешения (в том числе многомерного) процедуры за намного более короткое время, чем при тепловой равновесной поляризации ядер<sup>14</sup>.

На втором современном этапе выдающуюся роль сыграли химический факультет и особенно так называемая Биттеровская<sup>15</sup> магнитная лаборатория Массачусеттского института технологий (МИТ). Ею руководит Роберт Гриффин, с которым В.А. Ацаркин лично знаком. Наверное, это позволило нам быть цитируемыми в самых передовых в этом направлении работах, разумеется, вместе с Хвангом, Хил-

---

<sup>14</sup> Эту процедуру всё же приходится повторять многократно.

<sup>15</sup> Лаборатория поименована в честь американского физика Френсиса Биттера (1902 – 1967) известного, в частности, знаменитой конструкцией биттеровского электромагнита с медными дисками в качестве токопроводящих элементов и известным способом визуализации силовых линий магнитного поля с помощью магнитных порошков.

лом и Уолленом. Первой работой, в которой нас помянули «незлым тихим словом» была работа Кан-Ниан Ху и др. (в том числе и Гриффина) [37]. Для автора настоящей статьи эта последняя работа была настоящим подарком.

Поскольку корень механизмов поляризации во взаимодействии трёх спинов: двух электронных и одного ядерного, почему бы не выделить нужную пару судьбоносных электронных спинов, закрепив их на концах одной и той же молекулы. Такие молекулы существуют, известны давно (были известны ещё и до 1960-х годов). Это так называемые бирадикалы. Их и можно применить в качестве парамагнитной примеси, через насыщение которой достигается ДПЯ. Впоследствии оказалось, что при некотором промежуточном значении концентрации примеси бирадикалов достижимый коэффициент усиления ДПЯ достигает оптимального значения. Автор настоящей статьи, когда была окончательно подтверждена его тривиальная идея, почувствовал себя как «знаток интерпретаций явлений с помощью трёх пальцев»<sup>16</sup>.

Всего мы насчитали только за 2004–2008 гг. 7 работ группы Р.Г. Гриффина и близких к ней авторов, в которых нас цитируют [37–43]<sup>17</sup>. Эти работы были далеко не единственными в ряду тех, которые ознаменовали ренессанс метода ДПЯ в XXI веке, устремленный на решение задач химической радиоспектроскопии. Вклад химиков в эти работы не просто велик, его можно счесть решающим. Действительно наступила новая эра в сотрудничестве химиков и физиков. Удачный выбор вещества (в данном случае примеси) — это зачастую ключ к использованию, пониманию и даже обнаружению физического эффекта. В то же время, не стал ли подход к конструированию молекул нужного типа чем-то похож на конструирование физических приборов? Вот уж подлинно — химия и есть истинная нанотехнология<sup>18</sup>!

---

<sup>16</sup> Цитата из первого варианта студенческой поэмы Герцена Копылова «Евгений Стромьинкин» (1949 г.).

<sup>17</sup> Дальнейшие работы этой и других групп, в которых также упомянуты наши работы, появились тогда, когда работа над этими воспоминаниями уже заканчивалась. Здесь нет необходимости их цитировать.

<sup>18</sup> Размеры таких молекул, как использованные в [37] бирадикалы типа ТЕМРО 2 (см. ниже), порядка нескольких десятков нанометров.

## ДПЯ и химическая радиоспектроскопия в XXI веке

Современная химическая радиоспектроскопия уже не может отделаться методами ЭПР для свободных радикалов и ПМР (протонного магнитного резонанса) для органических соединений. Для сложнейших органических полимеров, которые изучают теперь методами ЯМР, требуется магнитный резонанс редких изотопов главных органогенных элементов: углерода ( $^{13}\text{C}$ , естественное содержание 1,1%, спин 1/2, магнитный момент примерно в 4 раза меньше, чем у протона) и азота ( $^{15}\text{N}$ , естественное содержание примерно 0,365%, спин 1/2, магнитный момент раз в 10 меньше, чем у протона). А редкие изотопы нужны потому, что основной стабильный изотоп углерода имеет спин 0 и ЯМР не подлжит, а основной стабильный изотоп азота имеет спин 1 и не просто отличный от нуля, а заметный по величине электрический квадрупольный момент, т.е. даёт широкие перекрывающие друг друга линии ЯМР.

Можно вырастить на изотопно обогащённой среде генномодифицированные организмы, выделяющие нужный вам энзим или протеин, обогащённые редкими изотопами (см. в обзоре [3]). Но более заманчиво преодолеть недостаток интенсивности у сигналов редких изотопов азота и углерода прямым физическим методом, каким и является метод динамической поляризации ядер. На этот путь и встала, в частности, Биттеровская лаборатория МИТ (Francis Bitter National Magnet Laboratory или FBML) во главе с Робертом Грифффином (Robert G. Griffin). А надо сказать, через эту лабораторию прошли десятки graduate students, postdoctoral fellows и просто приглашённых сотрудников и из Европы и Азии. Довольно подробные материалы по трудам Грифффина и его команды ныне доступны в Интернете.

О Р. Грифффине сообщается, что он закончил University of Arkansas (Fayetteville, Arkansas) в 1964 г., а стал в 1969 г. Ph.D. в некоем Washington University. Похожих по названию в США целых три, но если быть точным, один из них University of Washington в Сиэтле (штат Вашингтон), один Olin University of Washington в Сент-Луисе и только один собственно George Washington University in Washington. С 1976–1978 гг. всё чаще в разных журналах появляются статьи с участием Р. Грифффина по разным проблемам биохимии с применением ЯМР, а затем и по мето-

дам ЯМР, ЭПР и ДПЯ, применимым к таким проблемам. Главным, на что сначала направлял усилия Гриффин, было применение вращения образца под магическим углом

$\varphi = \arccos \frac{1}{\sqrt{3}}$  для элиминирования дипольных взаимодей-

ствий (сужения линий ЯМР в твёрдом теле), иногда совместное с ДПЯ. Наконец, в 1992 г. Роберт Гриффин становится директором FVMЛ. После этого работы по ЯМР и динамической поляризации в интересах биохимии хлынули из FVMЛ широким потоком. Они отличаются значительным числом соавторов (чаще всего от 4 до 8, рекорд — 15 соавторов) и почти всегда неизменным размещением фамилии директора на правом крайнем месте (последним)<sup>19</sup>. Тематику методических работ FVMЛ можно разбить на четыре направления. Приведём отдельные примеры. Во-первых, освоение метода циклотронного мазера или так называемого гиротрона для насыщения ЭПР на частотах свыше 100 ГГц (терагерцевый диапазон), что требуется в магнитных полях свыше 3 Тл (например, [44]). Во-вторых, подбор парамагнитной примеси, ЭПР которой будет насыщаться, для наиболее эффективной ДПЯ. Это привело к выбору бирадикалов для такой цели (например, [37]). В-третьих, это разработка методики перевода образца в состояние жидкости, где будет наиболее высоким разрешение спектров ЯМР (например, [45]). И в-четвёртых, это развитие методов многомерной спектроскопии на аномально поляризованных образцах в твёрдом теле и особенно в жидкости (например, [46]).

## Резюме

Итак, подведём итоги. Механизм динамической поляризации ядер по «кросс-эффекту» оказался в ряде случаев

---

<sup>19</sup> Химики давно отказались от старомодных правил, согласно которым соавторы размещаются в списке по алфавиту. Слишком различны функции каждого из соавторов хорошей и сложной (особенно экспериментальной) работы. Никто не сформулировал, однако, альтернативных правил. Что касается команды Р. Гриффина, автору настоящей статьи показалось, что первым стоит соавтор, непосредственно воплотивший (может быть и выдвинувший?) главную идею работы, а последним (это уже факт, а не домысел) — всегда руководитель работы. Заметим, что в списках авторов патентов Р. Гриффин стоит на первом (редко на втором) месте. Видимо, это справедливо.

самым эффективным механизмом усиления сигнала ЯМР. Простой случай — одновременная переориентация трёх спинов, двух электронных и одного ядерного («кросс-эффект»), по всей видимости, напоминает элементарный акт так называемых процессов теплового смешивания ядерной зеэмановской и электрон-электронной дипольной систем или динамического охлаждения ядерных спинов, как считал сам Провоторов. Но этот процесс имеет характерную особенность — он не требует перестройки взаимных ориентаций других электронных спинов, необходимой при собственно тепловом смешивании. См. схему этого процесса на рис. 1.

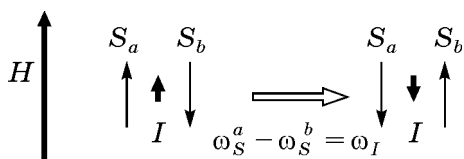


Рис. 1. Элементарный акт трёхспиновой электронно-ядерной кросс-релаксации (условная схема, отражающая изменения в ориентации спинов). Дизайн и исполнение схемы принадлежат В.А. Ацаркину

Итак, совершенно независимо друг от друга и почти одновременно в течение 1963–1965 гг. были высказаны две идеи<sup>20</sup>. Это предположения о характере элементарного акта кросс-эффекта и его зависимости от неравномерного насыщения линии ЭПР, с одной стороны, и

связи теплового смешивания с тем же неравномерным насыщением линии ЭПР, с другой стороны.

Идея этого механизма основывалась на попытках как-то интерпретировать некоторые неожиданные результаты экспериментов по ДПЯ и парамагнитной релаксации в облучённых полимерах или твёрдых растворах свободных радикалов в полимерах. Действительно, как заметил впоследствии Д. Уоллен, наше очень примитивное рассмотрение относилось к случаю, когда на некотором участке линии ЭПР поляризация электронов равнялась нулю, т.е. рассматривался случай очень сильного насыщающего поля. Характерно, что формирование идеи и её окончательное конкретное воплощение настолько мало связаны с теми, кто высказал первое предположение о новом механизме, в частности, с автором настоящей статьи, что он спокойно мог рассмотреть всю эту историю как бы со стороны. Второй раз ту же

<sup>20</sup> См. краткую историю появления этих идей «многочастичных механизмов ДПЯ» в статье [47].

идею высказали Д. Хилл и Ч. Хванг в 1966 г. Хотя они пришли к этой идее, может быть, совершенно независимо, они вежливо сослались на наши результаты.

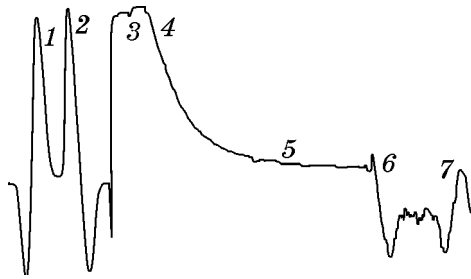
Через 10 лет после публикаций Хванга и Хилла механизм и его феноменологическую теорию подробно рассмотрел Д. Уоллен. В 1978–1980 гг. в своих обзоре и книге В.А. Ацаркин подробно проанализировал механизм ЭЯКР в сочетании со спектральной спиновой диффузией. Он указал на трудности описания кросс-эффекта в случае сложных систем и отметил особенность механизма ЭЯКР и его отличие от более общего механизма динамического охлаждения. Это различие продемонстрировали Кан-Ниан Ху, Роберт Гриффин и его команда в 2004 г., выбрав в качестве парамагнитной примеси бирадикалы и, тем самым, в значительной мере «очистив» эффект от усложнений, связанных с взаимодействиями трёх и более электронных спинов.

То же самое, казалось бы, можно было бы сделать ещё в 1960-х годах, нужно было лишь создать подходящую модельную систему, буквально говоря, сконструировать подходящий образец. Таким образом служит замороженный раствор бирадикалов, которые были хорошо известны уже в середине 1950-х годов [30], но применены для названной цели лишь в 2004 г. [37]. Естественно, что это произошло тогда, когда дело ДПЯ взяли в свои руки химики. Для физиков, которые в те далёкие годы мучились над поисками материалов для поляризованных ядерных мишеней, эта задача была непосильной. Однако и развитие экспериментальной физики за эти годы не прошло даром. Резкое возрастание доступных частот ЭПР (новые сверхпроводящие солениды, новые генераторы типа гиротрон) позволило эффективно насыщать линии ЭПР бирадикалов<sup>21</sup> и получать ДПЯ.

В заключение приведем иллюстрации, позволяющие оценить весьма качественный и интуитивный уровень, на котором была в 1962–1964 гг. выполнена наша работа. Первая иллюстрация (рис. 2) — случайно сохранившаяся в на-

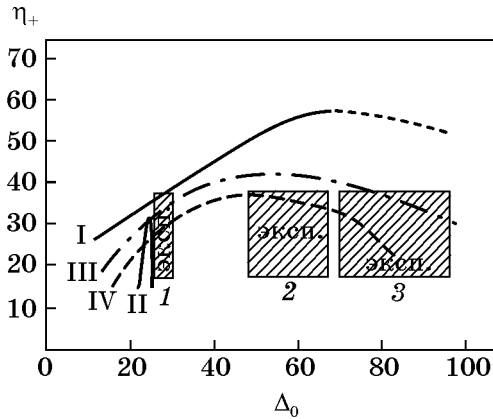
---

<sup>21</sup> На частоте 140 ГГц линия ЭПР использованного в лаборатории Гриффина бирадикала имеет непрерывный почти симметричный контур, в отличие от расщеплённого на 3 линии контура на частотах 10 ГГц (при низких частотах сверхтонкое взаимодействие с ядром азота-14 много больше анизотропии зеемановского взаимодействия для электронов).



**Рис. 2.** Типичный эксперимент автора по динамической поляризации протонов в облученном полиэтилене на установке Лущикова и Тарана. Запись сигнала ЯМР в условиях ДПЯ (1, 2), запись релаксации сигнала ЯМР после выключения насыщающей мощности ЭПР (3, 4, 5) и запись равновесного сигнала ЯМР (6, 7) при 20-кратном увеличении усиления (температура 4,2 К)

шем архиве запись на самопишущем устройстве (очевидно, ЭО-5) эксперимента по измерению коэффициента усиления ДПЯ и времени релаксации протонов. На записи видно следующее. Сначала (1, 2) — записи сигнала ЯМР динамически поляризованных ядер при модуляции магнитного поля



**Рис. 3.** По оси абсцисс — раздвижение максимумов поляризации ядер в Гс (единицах магнитного поля, ширина линии ЭПР 23 Гс); по оси ординат — относительное усиление поляризации протонов. Кривая из публикации [15]. Расчетные кривые — сплошные линии, I — для эмпирически подобранного контура; II — для гауссова контура с шириной, равной наблюдаемой ширине линии ЭПР. Линии III, IV — оценочные кривые при промежуточном характере контура линии ЭПР. Экспериментальные значения лежат в заштрихованных областях: 1 — при 77 К; 2 — при 4,2 К; 3 — при 1,6 К



током 50 Гц. Затем при выключенной модуляции сигнал устанавливается на максимум и отключается ЭПР (3). Экспоненциальная кривая (4–5) отражает процесс релаксации ядерного момента к тепловому равновесному значению (с постоянной времени 72 с). Далее при включённой модуляции поля записывается сигнал в тепловом равновесии с дополнительным усилением в 20 раз (6, 7).

Вторая иллюстрация (рис. 3) демонстрирует расчётные данные, полученные по нашим формулам Г.И. Пятницким на БЭСМ-6 (к сожалению, детальный алгоритм расчёта утерян). Кривая из публикации [15] отражает сравнение полуколичественной теории автора с опытом. Расчётные кривые: I — для эмпирически подобранного контура (с крыльями, составляющими не менее 5% от максимума до  $\omega$  порядка значения для экстремума поляризации); II — для гауссова контура с шириной, равной наблюдаемой ширине линии ЭПР. Качественно эта иллюстрация указывает на возможность близкого совпадения расчётной модели с экспериментом.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Фотоархив



В.А. Милев



Г.Р. Хуцишвили



В.И. Луциков



А.А. Маненков



В.А. Адаркин



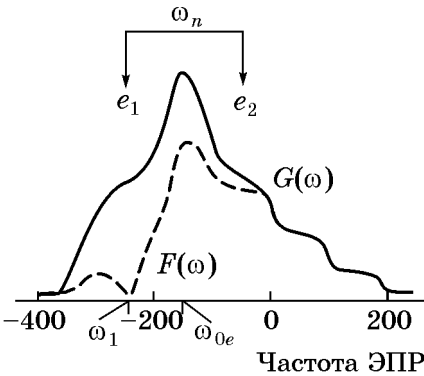
Р.Г. Гриффин



Ху Кан-Ниан

**К теории и истории динамической поляризации ядер**

**2.1. Понятие о поляризации спинов.** Пусть ансамбли тождественных частиц (ядер и/или молекул с неспаренным электроном), каждая из которых обладает спиновым угловым моментом  $I\hbar$  или  $S\hbar$  и магнитным дипольным моментом  $\mu_n = \gamma_n I\hbar$  и  $\mu_e = \gamma_e S\hbar$  помещены вместе с образцом вещества, которому они принадлежат, в постоянное магнитное поле  $H_0$ . Взаимодействие с магнитным полем (зеemanовское взаимодействие)  $\hat{H}_z = -\mu H$  приводит к расщеплению энергетического уровня системы. Возникают  $2I + 1$  или, соответственно,  $2S + 1$  уровней с энергиями  $m_n(\mu_n/I)H_0$  или  $m_e(\mu_e/S)H_0$ ,  $I$  и  $S$  — спиновые числа (спины) ядер и неспаренных электронов. При этом энергии соседних уровней отличаются друг от друга на  $\pm(\mu_e/I)H_0$  или, соответственно, на  $\pm(\mu_e/S)H_0$ . Здесь  $\hbar$  — постоянная Планка,  $I, S \leq m_{n,e} \leq I, S$  — магнитные квантовые числа,  $\gamma_{n,e}$  — гиромагнитные отношения и  $\mu_{n,e}$  — магнитные дипольные моменты соответствующих частиц (индексы  $n, e$  здесь и ниже



относятся, соответственно, к ядрам и электронам, например,  $N_n$  — число ядер данного сорта в образце).

Поляризацией  $p$  или  $P$  называют отношение среднего для частиц данного сорта значения суммарной проекции спинового момента на направление магнитного поля (ось  $z$ ) к её максимально возможной величине:

$$p = \langle I_z \rangle / I; \quad P = \langle S_z \rangle / S. \quad (2.1.1)$$

Для  $I = 1/2$  (два уровня с  $m = \pm 1/2$ , которые иногда обозначают просто + и -) в образце с абсолютной температурой  $T$  для случая, когда применима статистика Больцмана, имеет место тепловая равновесная поляризация  $P_0$  или  $p_0$ , например:

$$p_0 = \frac{N_{n+} - N_{n-}}{N_n} = \text{th} \frac{\mu H_0}{2kT} \approx \frac{\mu H_0}{2kT} = \frac{\gamma \hbar H_0}{2kT}. \quad (2.1.2)$$

Приближённое равенство относится к случаю «высоких температур»  $kT \gg \mu H$ .<sup>22</sup>

Для произвольного спина  $I$  или  $S$  поляризация выражается через так называемую функцию Бриллюэна, например:

$$p_0 \approx \frac{2I+1}{2I} \left\{ \text{cth} \left[ \frac{(2I+1)\gamma_n \hbar I H_0}{2IkT} \right] - \frac{1}{2I} \text{cth} \left[ \frac{\gamma_n \hbar I H_0}{2IkT} \right] \right\}. \quad (2.1.3)$$

Подробнее см., например, в [17].

Всё, что сказано выше, относилось к тепловой равновесной поляризации. Можно представить ситуацию, когда поляризация резко отличается от равновесного значения. Возможные значения поляризации по модулю лежат между нулём и единицей (в последнем случае все моменты ориентированы вдоль или против поля). Достижение максимально возможной поляризации осуществляется в максимально доступном магнитном поле при минимально доступных (близких к абсолютному нулю) температурах («метод грубой силы»).

При выключении поля поляризация убывает, стремясь к нулю, а при включении магнитного поля равная в начальный момент нулю поляризация начинает нарастать, стремясь к равновесному значению. Эти процессы называются тепловой парамагнитной релаксацией.

Поляризация разных спинов различна по знаку и абсолютной величине. Поскольку  $|\gamma_e| \gg |\gamma_n|$ , то при тепловом равновесии с решёткой и  $P_0 \gg p_0$  (если только температура

<sup>22</sup> Приближение высоких температур для электронов справедливо выше 1 К, а для ядер выше 0,001 К при  $H_0$  порядка 10 Тл.

не слишком близка к абсолютному нулю). Например, при 0,5 К в магнитном поле с индукцией порядка 5 Тл у неспаренных электронов  $P_0 \approx 0,9$ , тогда как для протонов поляризация равна  $p_0 \approx 10^{-2}$ .

Физиков давно (с 1940-х годов) интересовала возможность достижения высокой поляризации ядер при менее высоких полях и при не столь низких температурах. Эту возможность в некоторых специфических образцах обеспечивают методы динамической поляризации ядер (ДПЯ). С тех пор ДПЯ реализуется за счёт тех или иных процессов при насыщении электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) парамагнитной примеси<sup>23</sup>. Поляризация ядерных спинов  $p \rightarrow P_0$ , т.е. при неизменных  $H_0$  и  $T$  возрастает на два порядка. Мы коротко остановимся на условиях, при которых ДПЯ возможна, и лишь упомянем некоторые проблемы теоретической и экспериментальной физики (а теперь и химии), которые исследователи намеревались и намереваются решить с помощью ДПЯ. При этом мы будем ссылаться и на фундаментальные монографии А. Абрагама [48] и А. Абрагама совместно с М. Гольдманом [49].

**2.2. Поляризованные мишени.** Понятие поляризации применимо в стационарном случае для анализа взаимодействий ядер вещества (мишени) с пучком взаимодействующих с этими ядрами частиц. Очевидно, результат зависящих от ориентации спина ядра взаимодействий пропорционален поляризации (степени ориентированности спинов ядер). В этом усматривалась ценность эффектов усиления поляризации, т.е. динамической поляризации ядер (ДПЯ) при возбуждении парамагнитного резонанса электронных спинов в первые годы исследований. Так, можно ввести величину  $s_p$  для разности поперечных сечений рассеяния нейтрона на протоне в зависимости от взаимной ориентации спинов взаимодействующих

---

<sup>23</sup> Мы не будем обсуждать некоторые другие процессы искусственного получения повышенной поляризации ядерных спинов, которые тоже иногда называют динамической поляризацией (оптически индуцированная накачка ядерных спиновых подуровней, химически индуцированная поляризация и т.д.). Содержанием обсуждаемых здесь работ служит исследование квазистационарных процессов ДПЯ при облучении образца с частотой ЭПР.

частиц (анти- или пар-):

$$s_p = (s_{\text{анти}} - s_{\text{пар}}). \quad (2.2.1)$$

Значение  $s_p = 16,7$  барн в диапазоне энергий 1 эВ–10 кэВ и ещё больше (до 43 барн) для тепловых и медленных нейтронов [50]. Очевидно, что для поляризованного на 100 % пучка нейтронов среднее по протонной мишени с поляризацией  $p$  сечение рассеяния равно  $ps_p$ .

Взаимодействие нейтронов с ядрами, вообще говоря, заметно зависит от взаимной ориентации спинов ядра и нейтрона (особенно сильно для  $^1\text{H}$ ,  $^6\text{Li}$  и  $^{51}\text{V}$ ), что позволяет управлять потоком нейтронов с помощью возбуждения парамагнитного резонанса нейтронов в эффективном поле поляризованных ядер. Это — проявление так называемого ядерного псевдомагнетизма (см. о нём у А. Абрагама и М. Гольдмана [49. Гл.7]).

Ожидания особо ценной информации о взаимодействии ориентированных протонов с другими частицами (протонами, мезонами) в области высоких энергий, которые возлагались на эксперименты с поляризованными мишенями в 1960-х годах (см., например, [51, 35]), практически не оправдались. Эти эксперименты, которых было немало, помогли лишь уточнить результаты опытов с поляризованными пучками на обычных мишенях или на мощных встречных пучках.

**2.3. Сигнал ЯМР как мера поляризации ядерных спинов и его резкое увеличение как цель ДПЯ.** Поляризации спинов частиц пропорциональны проекция суммарного магнитного момента частиц этого сорта  $\mathbf{M}$  на направление магнитного поля и значение самого суммарного магнитного момента  $M$ . Для того чтобы получить тепловое равновесное значение ядерного магнитного момента  $M_0$ , достаточно в приближении высоких температур вычислить выражение

$$\frac{\gamma_n \hbar}{2kT} \cdot N_n \frac{-I}{2I+1} \sum m^2 \gamma_n \hbar = \frac{2N_n I(I+1)}{3} \gamma_n^2 \hbar^2,$$

где  $N_n$  — число ядер данного сорта в образце, а первый из множителей пропорционален  $p_0$  (см. [47. Гл. 1, с. 12]). По-

лучим:

$$M_0 = \frac{N_n \gamma_n^2 \hbar^2 I(I+1) H_0}{3kT}. \quad (2.3.1)$$

Напомним, что  $I(I+1)$  в квантовой механике спина есть собственное значение оператора  $\hat{I}^2$ . Возрастание  $|M/M_0|$  пропорционально возрастанию поляризации, а интенсивность сигнала ядерного магнитного резонанса (ЯМР) в любом методе наблюдения (в том числе и в обычном индукционном) пропорциональна  $M$  (см. [48. С. 41, 87]) и, следовательно, также поляризации. Отсюда, во-первых, интенсивность сигнала ЯМР может служить для измерения поляризации, а во-вторых, динамическая поляризация может быть использована прежде всего для повышения чувствительности (повышения отношения сигнала к шуму) в методе ЯМР. Последнее очень важно уже для химических приложений спектроскопии ЯМР, особенно в том случае, если поляризованы все сорта ядерных спинов вне зависимости от принадлежности к ядру того или иного изотопа и для любых положений в химической структуре.

В случае интересующей нас аномальной поляризации (например, ДПЯ), не соответствующей тепловому равновесию при температуре решетки  $T$ , вводится понятие спиновой температуры  $T_s \neq T$ . То есть в общем случае

$$M = \frac{N_n \gamma_n^2 \hbar^2 I(I+1) H_0}{3kT_s}. \quad (2.3.2)$$

Динамическая поляризация, таким образом, есть способ получить аномально низкую ядерную спиновую температуру или способ повысить чувствительность спектроскопии ЯМР. Отсюда вытекает важность ДПЯ для химической радиоспектроскопии. Главным условием достижения высокой поляризации в самом общем (в том числе и стационарном) случае, очевидно, служат повышение  $H_0$  и понижение  $T$ , поскольку, казалось бы, другие множители в (2.3.2) заданы природой раз и навсегда. Однако *динамическая поляризация* как раз и призвана в некоторой степени обойти затруднения, обусловленные низкими значениями  $\gamma_n$ . Значение  $\gamma_n/\gamma_e$  для протона (ядра водородного атома  $^1\text{H}$ ) меньше  $1,5 \cdot 10^{-3}$ . Значение  $\gamma_n/\gamma_e$  и того меньше для таких важных

для биохимии изотопов, как  $^2\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  и  $^{15}\text{N}$  (соответственно примерно в 7, в 4 и почти в 10 раз, см. [52. С. 338]).

Отсюда важная роль, которую играет ДПЯ в спектроскопии названных изотопов, необходимой для исследования сложных органических структур с естественным (весьма низким) содержанием этих нуклидов.

**2.4. Способы получения ДПЯ путём «переноса» на ядерные спины электронной поляризации.** Здесь нет необходимости повторять изложение теории различных механизмов ДПЯ. Можно отослать читателя к [19, 21] и, например, [41]. Достаточно напомнить, что имеется три сорта конденсированных систем, в которых поляризация электронных спинов может передаваться ядерным спинам. Они таковы:

1. Тепловая релаксация электронных спинов быстрая, тепловая спин-решёточная релаксация ядерных спинов в основном обусловлена взаимодействием с электронными спинами парамагнитной примеси. При резонансном облучении электронов (насыщении ЭПР) происходит динамическая поляризация ядер, за счёт тепловой электронно-ядерной релаксации с участием аномально поляризованных (деполяризованных) электронов. Это так называемый *эффект Оверхаузера* [53–55]. Имеет место в отдельных металлах, некоторых кристаллических свободных радикалах и жидких растворах. Поскольку наибольшее число названных систем (жидкости) существуют при достаточно высоких температурах, в них достижимая поляризация мала. Для получения поляризованных мишеней они не подходят. В металлах же и свободных радикалах относительный вклад чисто электронно-ядерных переходов, ведущих к ДПЯ, как правило, очень мал. Редкими исключениями служат, например, металлический литий и свободный радикал дифенилпикрилгидразил. Но и в этих случаях слишком высока потребная для насыщения ЭПР СВЧ мощность, что ведёт к нагреву образца.

2. В твёрдом диэлектрике при узкой линии ЭПР парамагнитной примеси (с шириной линии ЭПР менее частоты ЯМР), с достаточно медленной электронной спин-решёточной релаксацией и при преобладании чисто электронно-ядерной спин-решёточной релаксации по дипольному меха-



низму можно добиться динамической поляризации ядер путём накачки электронно-ядерных (запрещённых) переходов. Это так называемый [48, 49] *солид-эффект*, который в деталях обсуждён также в [19–21]. Возможен в кристаллах и стёклах с парамагнитными примесями в тех редких случаях, когда  $\delta\omega_e < 2\omega_n$ . Релаксация ядерных спинов характеризуется в таких системах скоростью  $\sigma(T_{1e})^{-1}$ , где  $T_{1e}$  — время спин-решёточной релаксации электронов парамагнитной примеси, а  $\sigma$  — так называемый «фактор запрета» (см. в п. 2.5). Первые поляризованные мишени были получены этим методом на двадцатичетырёхводном лантанмагниево-двойном нитрате с примесями парамагнитных ионов церия и неодима (см. основной текст).

3. Более распространена ситуация, когда в твёрдом диэлектрике линия ЭПР парамагнитной примеси широкая (зачастую неоднородно уширенная)  $\delta\omega_e \gg 2\omega_n$ , но также при достаточно медленной электронной спин-решёточной релаксации и с преобладанием чисто электронно-ядерной спин-решёточной релаксации по дипольному механизму для основной части ядерных спинов образца. В этом случае при частичном (локальном) насыщении линии ЭПР возникает неоднородная по линии ЭПР поляризация (по Провоторову [7] и М.И. Родак [22] перегрев диполь-дипольного электронного резервуара, по Портису [10] и др. выжигание дыры в неоднородно уширенной линии). В системах с неоднородным уширением ЭПР тепловая релаксация ядерных спинов происходит как совместная электронно-ядерная кросс-релаксация (ЭЯКР) при участии электронов с различными поляризациями и с различными частотами ЭПР или при участии электронной системы как целого. По аналогии с эффектом Оверхаузера, при этом совместная релаксация ядер с аномально поляризованными спинами электронов ведёт при деполяризации отдельных участков линии ЭПР к динамической поляризации ядер (например, разность поляризаций участвующих в ЭЯКР электронов может достигать  $P_0$  и таково же предельное значение достижимой ДПЯ). В этой ситуации имеются два предельных случая: чисто диполь-дипольное уширение линии ЭПР и неоднородное уширение линии ЭПР как набора предельно узких спиновых пакетов. Для первого случая разработана теория

Провоторова–Кожушнера [56] (*динамическое охлаждение ядерных спинов* [23, 24]). При этом релаксация ближайших к парамагнитному центру ядер управляется не спин-решёточной релаксацией зеемановского резервуара электронных спинов  $T_{1e}$ , а релаксацией диполь-дипольного резервуара  $\tau_{II}$  (см. ниже в п. 2.5). Для одного из предельных вариантов второго случая имеет место *трёхспиновая электронно-ядерная кросс-релаксация (кросс-эффект по [32])*. Этот случай более детально рассмотрен в основном тексте. Относительная распространённость парамагнитных примесей, дающих широкие линии ЭПР, позволяет выбрать удобную примесь для применения в химической радиоспектроскопии ЯМР. История выдвижения идей поляризации ядер при взаимодействии ядер со всей системой электронных спинов излагается в [47], см. также цитированные выше работы [11, 12, 15, 26, 27, 32, 33, 37, 56 и др.].

**2.5. ДПЯ в системах со значительным числом ядер и сложными органическими свободными радикалами (бирадикалами) в качестве парамагнитной примеси.** В заключение настоящего приложения остановимся на особенностях процессов ДПЯ в системах, исследованных в [12, 32, 37] и некоторых более новых работах. Отметим две основные особенности, общие для этих систем (систем, в которых наблюдается солид-эффект, динамическое охлаждение и электронно-ядерная кросс-релаксация). Первая особенность — значительное число ядерных спинов, приходящихся на один электронный спин парамагнитной примеси. Все эти спины можно грубо разделить на три категории. Это — спины внутри парамагнитного центра, спины, находящиеся в ближайшем соседстве с парамагнитными центрами, и спины основной части образца, удалённые от парамагнитной примеси. Большинство спинов (а именно их поляризация нас интересует) расположено на близких расстояниях  $r$  друг от друга и удалено от парамагнитной примеси на такие расстояния  $R$ , что вероятность совместной релаксации пары ядер больше или, по крайней мере, сравнимо с вероятностью совместной релаксации электронного спина примеси с ядерным спином. Если при этом всё же выполняется приближённое соотношение, указывающее на то, что число переориентаций ближних ядер достаточно для передачи нуж-

ной ориентации каждому из удалённых ядер:

$$\mu_e^2 N_e \sigma R^{-6} \geq N_n \mu_n^2 r^{-6}, \quad (2.5.1)$$

где «фактор запрета»  $\sigma$  даётся формулой

$$\sigma = \frac{3}{10} \left( \frac{\gamma_e \hbar}{R_{en}^3 H_0} \right)^2, \quad (2.5.2)$$

и соответствует относительной вероятности запрещённого электронно-ядерного перехода, т.е. отношению квадратов электронно-ядерного дипольного и электронного зеемановского взаимодействий, а множители  $(\mu_{e2})^2$  и  $(\mu_{n2})^2$  пропорциональны вероятностям обмена ориентациями соответственно пары электронов и пары ядер. В этом случае массив ядерных спинов (в основном, удалённых от парамагнитной примеси) релаксирует (и, несомненно, поляризуется также, но с другой скоростью!) по механизму ядерной *спиновой диффузии* [25], а в случае, когда  $N_n \approx 10^{21} \text{ см}^{-3}$  или больше, по механизму *сильной спиновой диффузии* (по терминологии [57], что возможно для органических полимеров и замороженных водных растворов). В обзоре Хуцишвили рассмотрены, правда в идеализированном случае сферической симметрии, другие ситуации, отличающиеся соотношением таких параметров, как  $T_{1e}$ ,  $T_{2e}$ ,  $T_{2n}$ , параметров кристаллической решётки ( $r$ ) и т. д.

Очень коротко остановимся на другой характерной особенности рассматриваемых систем, влияющей на вид насыщаемой (облучаемой) линии ЭПР. Эта особенность связана с наличием значительного числа магнитно неэквивалентных (отчасти и принадлежащих разным нуклидам) ядерных спинов в структуре самого парамагнитного центра. Эти спины испытывают сверхтонкие взаимодействия<sup>24</sup> вида  $A_i I_i S$  с электронным спином примесного свободного радикала или комплекса (одним или обоими из электронных спинов бирадикала). Эти «внутренние» (для примеси) взаимодействия вносят заметный вклад в уширение линии ЭПР (что было,

<sup>24</sup> Эти спины испытывают также и дипольные взаимодействия с электроном примеси, которые мы в записи опустили, сохраняя лишь скалярные.

видимо, решающим в аномальном уширении линий ЭПР в нашей работе [12] в сравнительно низких полях) и влекут при неоднородном насыщении линии побочные эффекты, например, так называемое дискретное насыщение (см. [58, 59]). Проявления последнего эффекта видны и в весьма высоких (5 Тл и выше) магнитных полях на экспериментальных кривых, например, приводимых в [60].

**2.6. Заключение.** Эксперимент показал, что кросс-эффект в системе с бирадикалами в твёрдой матрице наиболее выгоден для получения аномально поляризованных ядер. Оказалось, что этот эффект (электронно-ядерная кросс-релаксация), существование которого предполагалось автором, А. Маненковым и др., Ч. Хвангом, Д. Хиллом и Д. Уолленом в совершенно других условиях, где кросс-эффект или ЭЯКР маскировались сильной электронно-электронной кросс-релаксацией, может наблюдаться в сравнительно чистом виде в специально приготовленных образцах ([37], Р. Гриффин, К. Ху и др.).

В заключение подчеркнём, что мы намеренно ограничились обсуждением только физического механизма кросс-поляризации, отвлекаясь от успешно решённых современными исследователями важнейших методических проблем, которые мы здесь только перечислим.

Это проблема получения СВЧ для насыщения ЭПР в сильных магнитных полях (гиротронные генераторы, например [44]), проблема подбора и внедрения парамагнитной примеси (преимущество бирадикалов с определённой длиной цепочки [38]), проблема температурного скачка (например, с помощью импульсного лазера [45]) и т. д.

## Литература

1. *Кессених А.В.* Об эффекте Оверхаузера и «вторичном сигнале» электронного парамагнитного резонанса // ЖЭТФ. 1961. Т. 40, № 1. С. 32–34.
2. *Кессених А.В.* Установка для наблюдения эффекта Оверхаузера // ПТЭ. 1961. № 3. С. 107–110.
3. *Кессених А.В.* Открытие, исследования и применения магнитного резонанса (Из истории физики) // УФН. 2009. Т. 179, № 7. С. 737–764. (*Kessenikh A.V.* Magnetic resonance: discovery, investigations, and applications (From the history of physics) // Physics uspekhi. V. 52, No 7. P. 695–722).

4. *Abraham A., Proctor W.* Une nouvelle méthode de polarization dynamique des noyaux atomiques dans les solides // C.R. Acad. Sci. 1958. V. 246, No 14. P. 2253–2255; *Erb E., Motchane J.-L., Uebbersfeld J.* Sur une nouvelle méthode de polarization nucléaire dans les fluides adsorbés sur les charbons. Extension aux solides et en particulier aux substances organiques irradiées // Compt. Rend. 1958. T. 246, No 21. P. 3050–3052.
5. *Хуцишвили Г.Р.* Диффузия и релаксация протонного спина в облучённых полиэтиленах // ФТТ. 1963. Т. 5. С. 2713–2714.
6. *Карлов Н.В.* Книга о московском Физтехе. — М.: Физматлит, 2008. 600 с.
7. *Провоторов Б.Н.* О магнитном резонансном насыщении в кристаллах // ЖЭТФ. 1961. Т. 41, вып. 5. С. 1582–1591. *Провоторов Б.Н.* Кванто-востатистическая теория перекрестной релаксации // ЖЭТФ. 1962. Т. 42, вып. 3. С. 882–888. См. также: A quantum statistical theory of cross relaxation // Soviet Physics JETP 1962. V. 15, No 3. P. 611–614.
8. ЯМР, ЭПР и теория конденсированных систем магнитных диполей (опыт устной истории теории Провоторова). В записи А.В. Кессениха // Научное сообщество физиков СССР. 1950–1960-е гг. Вып. 1. — СПб.: Изд-во РХГА, 2005. С. 300–385.
9. *Goldman M.* The time when spin temperature was hot stuff // Encyclopedia of NMR. 1996. — Chichester–New York–Brisbane–Toronto–Singapore: John Wiley & Sons. V.1. P. 338–341.
10. *Portis A.M.* Electronic structure of F-centers: saturation of the electron spin resonance // Phys. Rev. 1953. V. 91, No 5. P. 1071–1078.
11. *Кессених А. В., Маненков А. А.* Динамическая поляризация ядер при насыщении неоднородно уширенных линий электронного парамагнитного резонанса // ФТТ. 1963. Т. 5. С. 1143–1146.
12. *Кессених А. В., Лущиков В. И., Маненков А. А., Таран Ю. В.* Релаксация и динамическая поляризация протонов в полиэтиленах // ФТТ. 1963. Т. 5. С. 1640–1642.
13. *Кокин А.А., Пушкина Л.Н.* Георгий Викторович Скродцкий. Труды и годы // Научное сообщество физиков СССР. 1950–1960-е гг. Вып. 1. — СПб.: Изд-во РХГА, 2005. С. 501–536.
14. *Измайлов Ф.Ф.* Физики и развитие информационных технологий в ООО «МКБ Факел» имени академика П.Д. Грушина (Свидетельства очевидца) // Научное сообщество физиков СССР. 1950–1960-е и другие гг. Вып. 2. — СПб.: Изд-во РХГА, 2007. С. 588–615.
15. *Кессених А. В., Маненков А. А., Пятницкий Г. И.* К объяснению экспериментальных данных по динамической поляризации протонов в облучённых полиэтиленах // ФТТ. 1964. Т. 6. С. 827–830.
16. *Кессених А.В.* Дисс. к.ф.-м. н. — Казань, 1964.
17. Известные деятели научного сообщества физиков СССР 1950–1960-х гг. Гусев Александр Александрович // Научное сообщество физиков СССР 1950–1960-е и другие гг. Вып. 2. — СПб.: Изд-во РХГА, 2007. С. 652–654.
18. *Кессених А.В.* Физик из Грузии Леван Буишвили (Воспоминания о коллеге и друге) // Научное сообщество физиков СССР. 1950–1960-е и другие гг. Вып. 2. — СПб.: Изд-во РХГА, 2007. С. 498–518.

19. *Джеффрис К.* Динамическая ориентация ядер. (пер. с англ.) — М.: Мир, 1965. 319 с. (Оригинал: *Jeffries C.D.* Dynamic nuclear orientation. New York-London-Sydney: Interscience Publishers. 1963). С приложением: *Абрагам А., Боргини М.* (пер. с англ. см. *Abragam A., Borghini M.* // Progress in low temperature physics, ed. by C.J. Gorter. Vol. IV. Amsterdam. 1964. P. 384.) Получение поляризованных ядерных мишеней методом динамической поляризации ядер (С. 251–313), с примечаниями и дополнениями переводчика.
20. *Ацаркин В. А.* Динамическая поляризация ядер в твёрдых телах // УФН. 1978. Т. 126, вып. 1. С. 3–39.
21. *Ацаркин В.А.* Динамическая поляризация ядер в твердых диэлектриках. — М.: Наука, 1980. 195 с.
22. *Родак М.И.* О возможных следствиях изменения спин-спиновой температуры спиновой системы в твердом теле // ФТТ. 1964. Т. 6, вып. 2. С. 521–528.
23. *Ацаркин В.А., Моршнев С.К.* Подтверждение существования температуры спин-спиновых взаимодействий в ЭПР // Письма в ЖЭТФ. 1967. Т. 6, вып. 4. С. 578–579 (см. также JETP Letters. 1967. V. 6. P. 88).
24. *Ацаркин В.А., Мефёд А.Е., Родак М.И.* Электронная кросс-релаксация и ядерная поляризация в рубине // Письма в ЖЭТФ. 1967. Т. 6. С. 942–943 ; *Atsarkin V.A., Mefeod A.E., Rodak M.I.* Electron cross relaxation and nuclear polarization in ruby // Phys. Letters. 1968. V. 27A, № 1. P. 57–58.
25. *Хуцишвили Г.Р.* Спиновая диффузия // УФН. 1965. Т. 87, вып. 2. С. 211–253.
26. *Hwang Ch.F., Hill D.A.* New effect in dynamic polarization // Phys. Rev. Lett. 1967. V. 18. No 4. P. 110–112.
27. *Hwang Ch.F., Hill D.A.* Phenomenological model for new effect in dynamic polarization // Phys. Rev. Lett. 1967. V. 19. No 18. P. 1011–1014.
28. *Kazuo Mukai, Takashi Kamata, Toshiko Tamaki, Kazushiko Ishizu* ENDOR studies of the hyperfine interaction of phenylgalvinoxyl radicals in solution // Bull. Chem. Soc. Japan 1976. V. 49, No 12. P. 3376–3381.
29. *Hill D.A., Ketterson J.B., Miller R.C., Moretti A., Niemann R.C., Windmiller L.R., Yokosawa A., Hwang C.F.* Dynamic proton polarization in butanol water below 1 K // Phys. Rev. Lett. 1969. V. 23. No 9. P. 460–462.
30. *MacLean C., Potgieser T., Kor G.J.W.* Hyperfine structure in the paramagnetic resonance absorption of porphyrin and porphyrindine // Applied Scientific Research. Sec. B. 1956. V. 5, No 1. P. 469–470.
31. *Кессених А.В.* Наш «Lühike jalg» в Европу (Воспоминания об эстонской физике и химике Энделе Липпмаа) // Научное сообщество физиков СССР. 1950–1960-е и другие гг. Вып. 2. — СПб.: Изд-во РХГА, 2007. С. 574–587.
32. *Wollan D.S.* Dynamic nuclear polarization with an inhomogeneously broadened ESR line I. Theory // Phys. Rev. B. 1976. V. 13, No 9. P. 3671–3685.
33. *Wollan D.S.* Dynamic nuclear polarization with an inhomogeneously broadened ESR line II. Experiment // Phys. Rev. B. 1976. V. 13, No 9. P. 3686–3696.

34. Dr. David S. Wollan'59| Amherst College /by Harvey Mierke'59/ Home >>About Amherst/Class of 1959 Class Homepage.  
[https://www.amherst.edu/about/amherst/magazine/in\\_memory](https://www.amherst.edu/about/amherst/magazine/in_memory)
35. *Akira Masaike* Historical review on solid polarized targets pp.1–8.  
<http://eproceedings.worldscinet.com>
36. *Ardenkjaer-Larsen J.H., Fridlund B., Gram A., Hansson G., Hansson L., Lerche M. H., Servin R., Thaning M., Golman K.* Increase in signal-to-noise ratio of >10,000 times in liquid-state NMR //PNAS. 2003. V.100, № 18. P. 10158–10163.
37. *Kan-Nian Hu, Hsiao-hua Yu, Swager T.M., Griffin R.G.* Dynamic nuclear polarization with biradicals//JACS. 2004. V. 126. P. 10844–10845.
38. *Song Ch., Hu Kan-Nian, Joo Chan-Gyu, Swager T.M., Griffin R.G.* TO-TAPOL: A Biradical Polarizing Agent for Dynamic Nuclear Polarization Experiments in Aqueous Media// J. Am. Chem. Soc. 2006. V. 128, No. 35. P. 11385–11390.
39. *van der Wel P.C.A., Hu Kan-Nian, Lewandowski J., Griffin R.G.* Dynamic Nuclear Polarization of Amyloidogenic Peptide Nanocrystals: GNNQQNY, a Core Segment of the Yeast Prion Protein Sup35p// J. Am. Chem. Soc. 2006. V. 128. P. 10840–10846.
40. *Maly Th., Debelouchina G.T., Bajaj V.S., Hu Kan-Nian, Joo Chan-Gyu, Mak-Jurkauskas M.L., Sirigiri J.R., van der Wel P.C.A., Herzfeld J., Temkin R.J., Griffin R.G.* Dynamic nuclear polarization at high magnetic fields// J. Chem. Phys. 2008. V. 128, No. 5. P. 052211–052211-19.
41. *Prisner T., Köckenberger W.* Dynamic Nuclear Polarization: New Experimental and Methodology Approaches and Applications in Physics, Chemistry, Biology and Medicine// Appl. Magn. Reson. 2008. V. 34. P. 213–218.
42. *Barnes A.B., De Paepe G., van der Wel P.C.A., Hu K.-N., Joo C.-G., Bajaj V.S., Mak-Jurkauskas M.L., Sirigiri J.R., Herzfeld J., Temkin R.J., Griffin R.G.* High-Field Dynamic Nuclear Polarization for Solid and Solution Biological NMR // Appl. Magn. Reson. 2008. V. 34. P. 237–263.
43. *Prisner T., Griffin R.G.* Perspectives of High-Field DNP  
<http://www.postgenomicnmr.net/NMRLife/docs/DynamicNuclearPolarization.pdf>
44. *Bajaj V.S., Farrar C.T., Hornstein M.K., Mastovsky I., Bryant J., Kreischer K.E., Temkin R.J., Griffin R.G.* Dynamic nuclear polarization at 9 Tesla using a novel 250 GHz gyrotron microwave source//J. Magn. Resonance. 2003. V. 160. No 1. P. 85–90.
45. *Joo C.-G., Hu K.-N., Bryant J.A., Griffin R.G.* In situ temperature jump high-frequency dynamic nuclear polarization. Experiment: enhanced sensitivity in liquid-state NMR spectroscopy//J. Am. Chem. Soc. 2006. V. 128. No 29. P. 9428 – 9431
46. *Rienstra C.M., Hohwy M., Mueller L. J., Jaroniec C.P., Reif B., Griffin R.G.* Determination of multiple torsion-angle constraints in U-13C,15N-labelled peptides: 3D 1H-15N-13C-1H dipolar chemical shift spectroscopy in rotating solids// J. Am. Chem. Soc. 2002. V. 124. No 30. P. 11908–11922.
47. *Atsarkin V.A., Kessenikh A.V.* Dynamic Nuclear Polarization in Solids: The Birth and Development of the Many-Particle Concept//Applied Magnetic Resonance 2012. V. 43. Iss. 1–2, P. 7–19.

48. *Абрагам А.* Ядерный магнетизм (пер. с англ.) — М.: ИЛ, 1963. 552 с.
49. *Абрагам А., Гольдман М.* Ядерный магнетизм. Порядок и беспорядок. В 2-х томах (300 с. и 360 с.) / Пер. с англ. — М.: Мир, 1984 [Abragam A. & Goldman M. Nuclear magnetism. Order & disorder. Oxford: Clarendon Press. 1982].
50. *Draghicescu B., Lushchikov V.I., Nikolenko V.G., Taran Yu.V., Shapiro F.L.* Neutron polarization by transmission through a polarized proton target //Phys.Lett. 1964. V.12, iss. 4. P. 334–337.
51. *Биленький С.М., Липидус Л.И., Рындин Р.М.* Поляризованная протонная мишень в опытах с частицами высоких энергий //УФН. 1964. Т. 84, вып. 2. С. 243–301.
52. *Гордон А., Форд Р.* Справочник химика (пер. с англ.). — М.: Мир, 1976. 542 с.
53. *Overhauser A.W.* Paramagnetic relaxation in metals//Phys. Rev. 1953. V. 89. № 4. P. 689–700.
54. *Overhauser A.W.* Polarization of nuclei in metals // Phys. Rev. 1953. V. 92. No 2. P. 411–415.
55. *Carver T.R., Slichter C.P.* Polarization of nuclear spins in metals // Phys. Rev. 1953. V. 92. № 1. P. 212–213.
56. *Кожушнер М.А., Провоторов Б.Н.* К вынужденной динамической поляризации ядер /«Радиоспектроскопия твердого тела» (Труды Всесоюзного совещания, Красноярск, 1964). — М.: Атомиздат, 1967. С. 5.
57. *Бушвили Л.Л., Кессених А.В.* Спиновая диффузия и ядерная релаксация в облучённых полимерах //ФТТ. 1964. Т.6. С. 3016–3019).
58. *Дараселия Д.М., Максимова Г.В., Маненков А.А.* Процессы релаксации и эффекты дискретного насыщения в спектре ЭПР  $\text{Nd}^{3+}$  в  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$  // Письма в ЖЭТФ. 1969. Т. 10. № 8. С. 361–364.
59. *Бекаури П.И., Берулава Б.Г., Санадзе Т.И., Хаханашвили О.Г., Хуцишвили Г.Р.* Дискретное насыщение спектра электронного резонанса  $\text{U}^{3+}$  в  $\text{CaF}_2$  //ЖЭТФ. 1970. Т. 59, вып. 2. С. 368–376
60. Francis Bitter Magnet Laboratory and Department of Chemistry Massachusetts Institute of Technology Dynamic nuclear polarization with millimeter waves and biradicals (Why two electrons are better than one!)//SSNMR (Summer School Bruckentinsee, Germany May, 2006). Новый вариант: <http://web.mit.edu/fbml/winter school 2008/talks/Tue2%20-%20Griffin%20-%20DNP.pdf>
61. *Hu K.-N., Debelouchina G.T., Smith A.A., Griffin R.G.* Quantum mechanical theory of dynamic nuclear polarization in solid dielectrics // J. Chem. Phys. 2011. V. 134. P. 125105



## Послесловие от автора (памяти Валерия Миляева)

Я начал эту статью воспоминанием о том, как мне помог Валерий Миляев. Когда статья уже готовилась к публикации, случилась беда... 16 декабря 2011 г. Валерий Александрович Миляев неожиданно скончался на 75-м году своей жизни. Уникальность этого человека, моего друга, весьма квалифицированного физика и «не столько физика, сколько поэта», по слову Н.В. Карлова [6], а ещё знаменитого барда, автора и слов и музыки популярных песен, к тому же и драматурга и эссеиста не позволяет мне изложить сухо и последовательно его биографию. Буду просто вспоминать о встречах с этим замечательным человеком, ярким выпускником физфака МГУ той замечательной поры, когда физфак учил не только физике.

Впрочем, почему бы сначала не привести справку из Интернета <http://www.rusperson.com/html/18/RU01007361.htm> (с нашей правкой явных ошибок и небольшими добавлениями, выделенными курсивом в стиле приведённой справки). Итак, как звучит эта справка в нашем изложении.

Профессия: физик-экспериментатор, биофизик, автор песен, сценариев, рассказов, стихов; заведующий отделом экологических и медицинских проблем Института общей физики (ИОФ) РАН, директор Тарусского филиала ИОФ РАН. Адрес: 103061, Москва, ул. Макаренко, д. 2/21, театр «Экспромт». Родился 05.08.1937, г. Куйбышев (Самара). Семейное положение: жена Иванова Людмила Ивановна (1933 г. рождения) — актриса театра и кино. Дети: Иван (1963 г. рождения) — театральный художник и педагог, директор художественного лицея им. Ватагина, заслуженный художник РФ; Александр (1970–2010) — по образованию психолог, практик-растениевод; родители: Чинаева Валентина Васильевна (1912–1998) — техник-картограф, Александр Васильевич (1906–1986) — сотрудник МВД, подполковник, музыкант-любитель, играл на скрипке, хороший рисовальщик, первый в г. Оренбурге радиолучитель. Чинаев Василий — дед по линии матери — преподаватель математики в школе и первых советских вузах. Образование: 1955–1961 — Московский государственный университет, физический факультет, специальность «Физик»;

1970 — Физический институт АН СССР (ФИАН), дисс. к. ф.-м. н. «*Исследование концентрационных эффектов в релаксации парамагнитных кристаллов при низких температурах*», рук. А.А. Маненков; 1985 — ФИАН, дисс. д.ф.-м. н. «*Кинетика неравновесных носителей в германии и кремнии*»; 1973 — стажировка в Парижском ун-те, физический факультет. Карьера: с 1960 — АН СССР (РАН), ФИАН, ИОФАН, от старшего инженера до заместителя директора ИОФАН по науке. С 1995 — заведующий отделом экологических и медицинских проблем ИОФАН. Основная деятельность: известный российский ученый-физик, исследователь *парамагнитной релаксации* в кристаллах, явлений, относящихся к физике поверхности и полупроводников; обладает научным приоритетом в *некоторых областях* применения лазеров в экологии, медицине и биологии. Творческая деятельность: с 1958 — автор стихов, песен, текстов театральных спектаклей, рассказов; в 1960 соавтор (с Валерием Канером) комической оперы «Архимед» (до сих пор в репертуаре Курчатовского культурного центра); известен как автор песни «Приходит время, с юга птицы прилетают...» («Весеннее танго», 1965), исполняемой Т. и С. Никитиными; написал более десятка песен (1960–73), цикл юмористических рассказов (1980–2006), соавтор (с Л.И. Ивановой) мюзикла по пьесе А.Н. Островского «Доходное место» (музыка В. Фридмана, см. об истории этого и других музыкальных спектаклей, об их создании и постановках в Интернете <http://www.victorfridman.com/milyaev.htm>.), ряд сценариев для детского музыкального театра «Экспромт» (1995–2006). Биография В.А. Миляева включена в книгу «Кто есть кто: Русское издание. Биографический инновационный справочник» (СПб, 2004). *Поэтическое и песенное творчество Миляева представлено на сайте «Поэзия МГУ»* (<http://www.poesis.ru>). Автор и соавтор более 150 научных публикаций (1961–2011) по проблемам физики твердого тела (исследованиям кристаллов и полупроводников методами сверхвысококачастотной радиоспектроскопии и оптической спектроскопии) и биофизики (изучение газообразных продуктов метаболизма методами лазерной спектроскопии и др. проблемы) в научных сборниках и специализированных периодических изданиях (всесоюзных, российских и международных научных

журналах); автор и соавтор сборников литературных произведений (стихи, рассказы, статьи, песни, тексты к музыкальным спектаклям) — «Приходит время» (1994), «Ласкающийся еж» (2003), диска авторских песен «Людмила Иванова и Валерий Миляев. Приходит время» (2000). Награды: медаль «Ветеран труда» (1997), диплом первого московского конкурса авторской песни (I и II место, 1965). Членство в общественных организациях: один из создателей агитбригады физфака (1960); действительный член общественной Академии проблем развития бизнеса; действительный член Лазерной академии. Увлечения: зодчество, построил своими руками 5 загородных домов, изготовление музыкальных шкатулок и др. изделий, опытный автомобилист; спорт: беговые лыжи. Обладал незаурядными музыкальными способностями. Владел языками: английский, немецкий, французский.

Много чего рассказано в этой краткой справке о Валерии, не сказано только, что это был совершенно необыкновенный друг, товарищ, семьянин и коллега по работе и творчеству. Своим ближним он был фанатично предан, старался им отдать всё, что мог, а мог он немало. Умел всё сделать своими руками, соображал быстро и оригинально. Кем он мог быть в жизни для нас? Мог помочь, подкинув, как говорят, идею. Мог быстро и изящно изложить приветствие в стихах или прозе, а мог отвезти тебя на машине за 150 км или подбросить по Москве по срочному делу. Мог организовать и возглавить бригаду артистов, а мог собрать из своих друзей бригаду печников или плотников и выполнить нужную работу быстро и хорошо. У него тогда уже академик Леонид Вениаминович Келдыш вместе с другими коллегами и друзьями брёвна для нового дома тесал. И того же Келдыша идеи вдохновляли Миляева в составе дружной команды во главе с А.А. Маненковым на замечательные эксперименты по исследованию электронно-дырочных капель в полупроводниках методами СВЧ\*. Мог Миляев создать музыкальную пьесу или кропотливо трудиться над научной проблемой, трудиться руками и головой. Его супруга Людмила Ивановна Иванова в Валерии души не чаяла. Да ещё бы! Такого сочетания практичности и романтичности редко какая женщина могла бы ждать от своего любимого мужчины. Первые месяцы моей стажировки в ФИАНе совпали

с первыми месяцами совместной жизни Миляева и Людмилы Ивановой. И я был свидетелем того, как, отвлекаясь временами от своей научной деятельности, Валерий настраивал звонкие металлические язычки и располагал на вращающемся барабане шпеньки, кропотливо конструируя музыкальную шкатулку для своей молодой жены, шкатулку, выведившую мелодию «Вот иду я по Горьковской улице и глазами кого-то ищущу...», знаменитой тогда песенки Людмилы. И до последнего дня он возил супругу на машине по встречам и концертам, сопровождал Людмилу Ивановну на выступления, подыгрывал ей на гитаре. На экране телевизора мы часто их видели вместе. Последнее время Людмиле было трудно ходить, но на машине Валерия она попевала на многие и многие мероприятия.

Миляев занимал важные позиции в своём родном ИОФАНе, был некоторое время заместителем директора, до последних дней оставался директором Тарусского приборостроительного филиала ИОФАН. Эту нагрузку взвалили на него, поскольку один из своих загородных домов (первый по счёту, где выростали его дети и слагался первый вариант «Доходного места») он возвёл со товарищи в тихом селении Шишкино в пяти-семи километрах от окраины Тарусы и частенько бывал там. Любил, когда «едет на дачу», что-то там делал по хозяйству, грелся у печки, сложенной им самим вместе с соавтором по «Архимеду» Валерием Канером, и общался (иногда он приезжал один) с залетевшей птицей, как в стихотворении «А ко мне в огород залетела сорока...». На южной окраине Тарусы в домах нового района Валерию выделили служебную квартиру, в которой он бывал редко.

Я был аспирантом физфака, а Валерий кончал третий курс, когда я впервые заметил его издали на конкурсе художественной самодеятельности, а потом уже всерьёз в сту-

---

\* См., например, *Келдыш Л.В., Маненков А.А., Миляев А.В., Михайлова Г.Н.* СВЧ пробой и конденсация экситонов в Ge // ЖЭТФ. 1974. Т. 66. № 6. С. 2178–2190; *Маненков А.А., Миляев А.В., Михайлова Г.Н., Мурзина Т.М., Сафаров А.С.* Высокочастотный пробой экситонов и кинетика свободных носителей и экситонов в германии в присутствии электронно-дырочных капель // ЖЭТФ. 1976. Т. 70. № 2. С. 695–701; *Гиппиус Н.А., Заварицкая В.А., Келдыш Л.В., Миляев В.А., Тиходеев С.Г.* Квантовый характер отражения экситона от поверхности электронно-дырочной капли // Письма ЖЭТФ. 1984. № 10. С. 416–418.

денческом отряде 1958 г. на Целине в Булаевском районе, где он был в числе взявшихся за ремонт и эксплуатацию на уборке урожая раздолбанных комбайнов. У него комбайн заработал, как и всё, за что он брался... Потом после возвращения в Москву мы участвовали в выпуске специального номера газеты «Московский университет». Помещали там свои стихи и прозаические эссе. Между тем пошёл последний год моей аспирантуры, и я нырнул с головой в свои аспирантские дела. Но в начале 1960 г., когда срок аспирантуры уже истекал, меня выдернули и привлекли как консультанта для помощи творческому дуэту Канер–Миляев в подготовке либретто оперы «Архимед». Помогали мы вместе со своим соратником по предыдущим операм физфака «Дубинушка» и «Серый камень» Степаном Ивановичем Солуяном (режиссером и активным участником созидания либретто этих опер). Мы давали ценные советы молодым авторам. Я быстренько сочинил пару вставных номеров и традиционно зачитываемый перед каждым действием краткий квазипояснительный текст. Степан придумал замечательные мизансцены с древнегреческими богами и прочими персонажами. В конце концов, он же взял на себя режиссуру первых постановок оперы. Мы помогли ребятам. И грянул «Архимед»... Осенью того же года я женился на сокурнице Миляева Галине Георгиевне Кужман.

Какое-то время наше с Валерием знакомство вращалось частично вокруг «Архимеда», его постановок, в которых постепенно сменялись поколения участников, но самые стойкие вроде нас долго ещё после окончания физфака появлялись на сцене. Я сначала часто, а затем (после 1963 г.) всё реже и реже зачитывал вступительные тексты. Но именно Миляеву принадлежал любезный моему сердцу текст: «В магниты верю и в свой успех...». Мы оказались коллегами по магнитному резонансу, и произошло то, с чего и начинается данная статья. Миляев помог мне по работе. Два года мы трудились (правда, не каждый день, но не менее двух раз в неделю) в одной лаборатории у А.А. Маненкова. Потом мы встретились с Миляевым на занятиях знаменитого поэтического литературного объединения «Магистраль», которым руководил Григорий Левин. Валерий везде помогал, и с ним было интересно везде. И в 1978 г., когда в каждой из наших семей уже росли по двое детей, мы с Галиной



Валерий Миляев у автора в гостях. Июль 1978 г.

решили по его совету и, как всегда, с его помощью устроиться на летний отдых в Тарусском районе. В отличие от Валерия я не был автомобилистом, и он помог нам устроиться поближе к пристани на Оке в селе Трубецком, километрах в семи за миляевским Шишкином. Туда мы подъезжали на речном катере от Серпухова. Впрочем, очень часто Валерий подвозил нас на своей машине, по крайней мере, до Алекино (откуда до Трубецкого оставалось два-три километра). К сожалению, дорога через Алекино в Трубецкое была проезжей лишь несколько дней в летний сезон. Два-три дня дождей — и машина уже не могла прорваться через взболтанные тракторами алекинские хляби целую неделю. А до Алекино (центральной усадьбы совхоза) пускали иногда от Тарусы грейдер, и туда можно было проехать куда чаще, как и до Шишкино. Словом, у нас была интересная, полная забот и невинных занятий отпускная жизнь. Сходить в гости к Миляевым в Шишкино или к Кессенихам в Тру-

бецкое через Алекино, по лесным и полевым тропинкам, не составляло такого уж большого труда. Можно считать, что мы отдыхали вместе и дети наши общались. А Миляев как всегда выручал, помогал и увлекал. Именно таким, каким я видел его в те годы, я и вспоминаю Валерия.

Очень хорошо помню 25 июля 1980 г. Накануне по случаю Олимпиады меня посадили дежурить в порядке бдительности в Институте химических реактивов с 8 вечера до 8 утра (советско-партийная действительность!). Утром я взял в камере хранения огромный рюкзак с припасами и вышел на Богородский вал, где меня уже ждал на своей машине Валерий. Предстоял долгий путь до Тарусского района, где отдыхали наши семьи... И тут по радио мы услышали, что умер Владимир Высоцкий. По этой причине я точно запомнил эту дату, а всего сколько раз выручал и подвозил нас Валерий, и не упомнишь. За пять лет нашего отдыха под Тарусой — десятки раз. Это уж точно! И очень часто не нужно было о чём-то просить Миляева. Он никогда не отказывал, если уж его просили, но чаще предлагал свою помощь сам. В июне 1990 г. мы встретились с Валерием и Людмилой на Хованском кладбище по случаю годовщины кончины Галины Георгиевны, моей покойной жены. Вместе со мною была и моя сотрудница и соратница по ЯМР Надежда Александровна, которая тогда уже дала согласие выйти за меня замуж. Я, стесняясь, представил её Валерию. «А что? — сказал он. — Вот вы распишетесь, и давайте я вас отвезу в Тарусу. Там у меня служебная квартира». Такого не забудешь.

Время шло, мы бывали на спектаклях в театре «Экспромт», бывали и в гостях у Ивановых–Миляевых, и сам Валерий почтил своим присутствием моё семидесятилетие в Институте истории естествознания и техники.

Жизнь устроена парадоксально. Чем меньше у тебя сил (с возрастом), тем больше у тебя неотложных проблем. А.М. Прохоров добился-таки своего: лазеры, лазеры и применение лазеров стали главным в работах ИОФАН. Миляев возглавил серьёзнейшее направление (Отдел экологических и медицинских проблем в ИОФАНе).

Лазерной спектроскопией газообразных продуктов метаболизма, отражающих состояние организма, характерных для тех или иных заболеваний, спектроскопией атмосфер-

ных газов\*, приборостроительным Тарусским филиалом, больной супругой, её делами по театру «Экспромт» — всем надо было заниматься. Внезапно скончался младший сын Миляева Александр... А последние дни были омрачены серьёзной болезнью Людмилы Ивановны. Её спасали в реанимации, когда у себя дома тихо, во сне скончался Валерий Александрович.

Хочу закончить весьма символичным стихотворением Миляева 1970 г., похожим на сжатое выражение жизненного кредо Валерия, поэта, физика, человека:

Принять свой крест. Легко и просто,  
Как часть конструкции души,  
Как утверждённые по ГОСТу  
Размеры и фасон рейшин.  
И осознать необходимость  
И пользу этого креста,  
И бытия необратимость,  
И правды общие места.  
Но видя, словно под рентгеном,  
Поступков и событий суть,  
Не верить, что словам и генам  
Придёт конец когда-нибудь.  
Мотор не сбросит обороты,  
Не грянет выстрел от земли.  
Нести свой крест, как самолёты,  
Как в небе синем журавли.

---

\* См., например, *Степанов Е.В., Миляев В.А., Селиванов Ю.Г.* Лазерная ортомолекулярная медицинская диагностика // УФН. 2000. Т. 170. С. 458–462 ; *Бинги В.Н., Степанов Е.В., Чучалин А.Г., Миляев В.А., Москаленко К.Л., Шулагин Ю.А., Янгуразова Л.Р.* Высококочувствительный анализ NO, NH<sub>3</sub> и CH<sub>4</sub> в выдыхаемом воздухе с помощью перестраиваемых диодных лазеров // Труды ИОФАН им. А.М. Прохорова РАН. 2005. Т. 61. С. 189–210; *Ивашкин В.Т., Лапшин А.В., Степанов Е.В., Миляев В.А., Баранская Е.К., Никитина Е.И., Склянская О.А.* Лазерный анализ изотопического отношения углерода <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C в выдыхаемом воздухе в диагностике и терапии Helicobacter Pylori-ассоциированных заболеваний // Там же. С. 253–277.



П.Н. АНТОНЮК

*Московский государственный технический университет  
им. Н.Э. Баумана*

Я.В. КУЧЕРИНЕНКО

*Московский государственный университет  
им. М.В. Ломоносова*

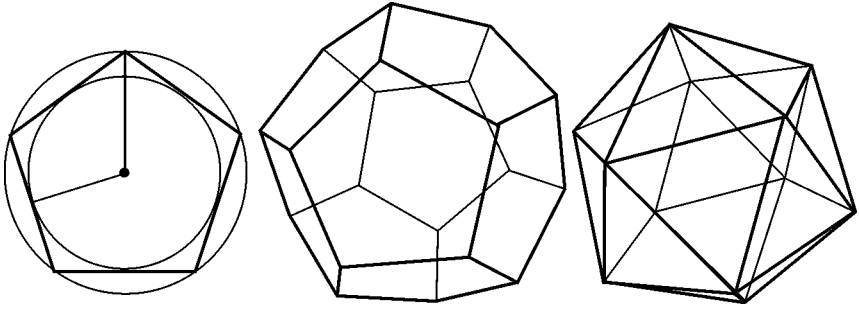
## КВАЗИКРИСТАЛЛЫ — НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В КРИСТАЛЛОГРАФИИ

В 80-е годы XX века были открыты соединения металлов, похожие на кристаллы, но обладающие осями симметрии пятого порядка. Их стали называть квазикристаллами. В классической кристаллографии доказывается, что оси симметрии могут иметь только следующие порядки:  $n = 1, 2, 3, 4, 6$ , что означает такую возможность вращения кристалла вокруг некоторой оси на угол  $360^\circ/n$ , когда все частицы, образующие кристалл, совмещаются сами с собой (одно из доказательств данного утверждения можно найти в книге [1]). Оси же пятого порядка исключаются, как и оси седьмого и других порядков.

**1. История осей пятого порядка** восходит к Иоганну Кеплеру (1571–1630). Такие оси он рассматривал в своем сочинении о снежинках [2]. Уже такие простые фигуры, как пятиугольник, додекаэдр и икосаэдр, имеют оси пятого порядка. Изучая вопрос о форме пчелиных сот, составленных из ромбов, Кеплер строит все возможные ромбические многогранники в трехмерном



Иоганн Кеплер



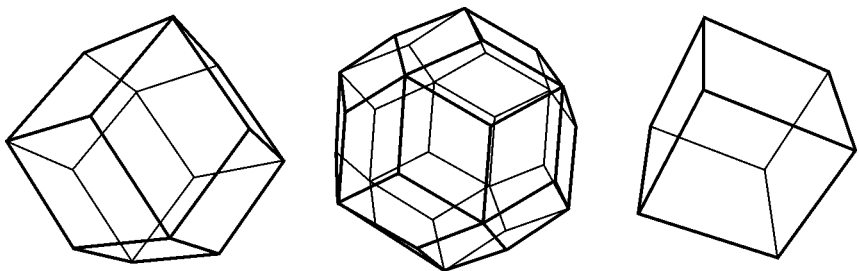
Примеры фигур, имеющих оси симметрии пятого порядка:  
 пятиугольник, додекаэдр и икосаэдр

пространстве. Их оказывается всего три: куб, ромбический додекаэдр и триаконтаэдр [2,4]. Грани многогранников являются ромбами. Удлинение ромба определяется как отношение его двух диагоналей. Удлинения граней ромбических многогранников соответственно равны

$$1, \sqrt{2} \approx 1,414, \tau = \frac{\sqrt{5} + 1}{2} \approx 1,618$$

(золотое сечение). Согласно Кеплеру именно ромбический додекаэдр определяет форму пчелиных сот.

Значительно позднее Чарлз Роберт Дарвин (1809–1882) в своей книге «Происхождение видов путем естественного отбора» также решил выяснить форму пчелиных сот, но, не будучи математиком, привлек к этой работе знакомого математика. Никто тогда не знал и не помнил о ранних



Три ромбических многогранника: ромбододекаэдр, триконтаэдр  
 и куб

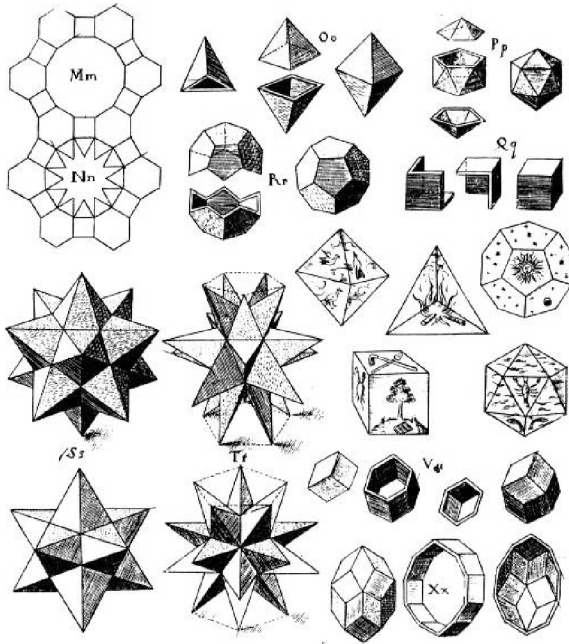
исследованиях Кеплера, и результаты Дарвина по исследованию формы сот оказались более слабыми, хотя бы потому, что он ничего не знал о ромбических многогранниках. Кажется, что биологи до сих пор не слышали об исследованиях Кеплером пчелиных сот; во всяком случае, ссылки на Кеплера в комментариях к «Происхождению видов» в поздних изданиях отсутствуют. Самый сложный ромбический многогранник — триаконтаэдр — имеет вершины, в которых сходятся по пять ромбов и через эти вершины, очевидно, проходят оси пятого порядка. Таким образом, Кеплер обнаружил новый многогранник с осями пятого порядка.

Кеплера интересует также «причина, по которой цветы имеют по пять лепестков», например, цветы яблонь и груш, а также большинства деревьев и кустарников. В то же время цветы белых лилий имеют по три или шесть лепестков, как и многие лесные цветы. Таковы, согласно Кеплеру, оси симметрии цветов.

На связь осей пятого порядка и золотого сечения впервые указал Кеплер. «Правильные тела, основанные на числе пять», связаны по Кеплеру с «божественной пропорцией» — так он называет последовательность чисел Фибоначчи {1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21,...}. В свою очередь эта последовательность прямо связана с золотым сечением [5]. Как уже было сказано, оси пятого порядка и золотое сечение связаны с триаконтаэдром и, таким образом, связаны между собой.

В конце сочинения о снежинках Кеплер рассказывает о своих наблюдениях многогранников. «В бытность мою в Дрездене мне довелось видеть в королевском дворце, называемом также конюшней, столик, украшенный медью с большим содержанием серебра. В центре его крышки, до половины выступая наружу, подобно распускающемуся цветку, сиял додекаэдр величиной с небольшой орех». И еще одно наблюдение. «В описаниях Баденских источников Болль упоминает и о передней части икосаэдра, встретившейся ему среди минералов».

Родившийся на 100 лет раньше Кеплера немецкий художник Альбрехт Дюрер (1471–1527) построил рисунок для паркета, образованного правильными пятиугольниками и ромбами одного типа (см. рисунок Дюрера в книге [6]



Правильные и ромбические многогранники  
в «Гармонии мира» Кеплера [7]

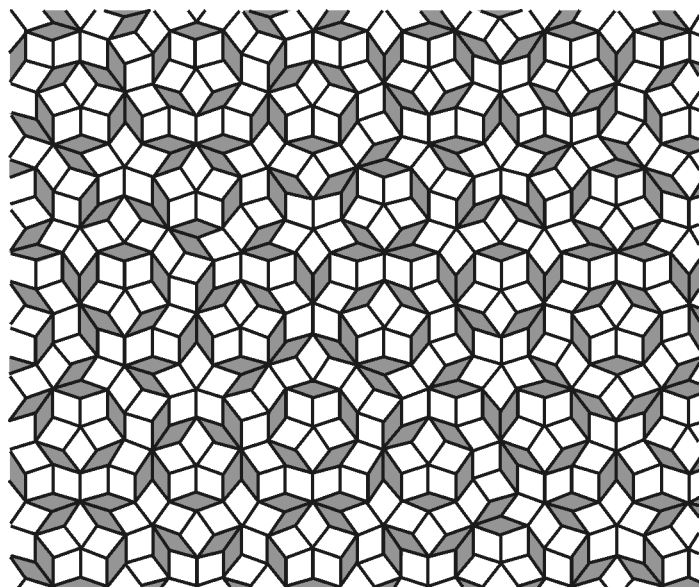
на с. 77). Дюрер серьезно интересовался геометрией фигур, и сегодня в Германии хранится его большая коллекция «кристаллографических» рисунков (многогранники, паркет и прочее). В XX веке различные рисунки паркетов запатентовал Роджер Пенроуз. Паркеты Дюрера и Пенроуза иллюстрируют двумерные квазикристаллы, образованные вершинами прижатых друг к другу многоугольников. В этих паркетах легко увидеть оси пятого порядка. Похоже, что Дюрер первым нарисовал двумерный квазикристалл.

Наконец, рассмотрим полуправильные многогранники. В своей, не дошедшей до нас, работе Архимед построил 13 полуправильных многогранников, грани которых образованы правильными многоугольниками. Сейчас их принято также называть телами Архимеда. Кеплер восстановил утраченный вывод всех тел, обнаружив при этом два вида ромбокубооктаэдра. Позднее к полуправильным многогранникам стали причислять две бесконечные серии призм

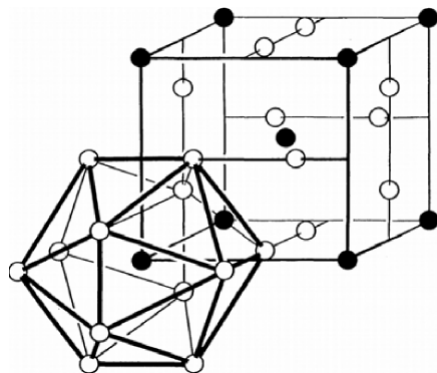
и антипризм. Среди тел Архимеда осями пятого порядка обладают усеченный икосаэдр, усеченный додекаэдр, икосододекаэдр, ромбоикосододекаэдр, ромбоусеченный икосододекаэдр, курносый додекаэдр, а также пятиугольные призма и антипризма. Тела Архимеда встречаются в разных областях химии и физики. Например, фуллерен — кластер из 60 атомов углерода — имеет форму усеченного икосаэдра. Некоторые тела Архимеда еще до Кеплера восстановил Дюрер [6].

Наконец, существует четыре звездчатых невыпуклых правильных многогранника — тела Кеплера–Пуансо, два из которых открыты Кеплером, а два — Пуансо. Все эти тела имеют оси пятого порядка.

**2. Открытие квазикристаллов** произошло в 1984 г. [9]. Израильский ученый Дан Шехтман (род. в 1941 г.) с коллегами из Национального бюро стандартов США обнаружили неперIODическую структуру быстро охлажденного сплава марганца и алюминия, который химики сразу назвали шехтманитом. Сплав характеризовался осями симметрии пятого порядка. Подобные структуры позднее ста-



Паркет Пенроуза [8]



Дан Шехтман — лауреат Нобелевской премии по химии за 2011 г., «за открытие квазикристаллов» [3]

Тенденция к икосаэдрической симметрии в рамках классической кристаллографии (атом и его соседи образуют икосаэдр) [10]

ли называть квазикристаллами. Ранее считалось, что твердое вещество может существовать только в двух формах: атомы располагаются в пространстве либо регулярно, периодически, либо хаотически, как в аморфных телах. Оказалось, что между периодическими кристаллами и аморфными телами существуют промежуточные структуры — квазикристаллы. Главный критик квазикристаллов Лайнус Полинг сделал едкое замечание: «Нет квазикристаллов, есть квазиученые» и на протяжении десяти лет интерпретировал результаты исследований квазикристаллов с точки зрения классической кристаллографии [10,11]. Несмотря на это, квазикристаллы сразу нашли всеобщее научное признание: число открытых квазикристаллических структур быстро росло. В 1992 г. Международным союзом кристаллографов было утверждено новое определение кристаллов как веществ, дающих дискретную дифракционную картину с острыми максимумами [12]. Это определение было призвано включить не только собственно кристаллы, но и квазикристаллы, а также модулированные структуры и несо-

**INTERNATIONAL MINERALOGICAL ASSOCIATION  
COMMISSION ON NEW MINERALS, NOMENCLATURE  
AND CLASSIFICATION**

*Chairman:* Professor Peter A. Williams  
School of Natural Sciences  
University of Western Sydney

Phone: +61 2 9685 9977  
Fax: +61 2 9685 9915  
E-mail: p.williams@uws.edu.au

*Postal address:* School of Natural Sciences, University of Western Sydney, Locked Bag 1797, Penrith South DC NSW 1797, Australia

1 October, 2010

Dear Luca,

Congratulations on your new mineral, icosahedrite (2010-042)!

**IMA No. 2010-042**

**Icosahedrite**

$\text{Al}_{63}\text{Cu}_{24}\text{Fe}_{13}$

Iomrautvaam Massif, Listvenitovy River, Khatyrka ultrabasic zone, Koryak Upland,  
Chukhotka Oblast, Russia

Luca Bindi\*, Peter J. Steinhardt, Nan Yao and Peter J. Lu

\*E-mail: [luca.bindi@unifi.it](mailto:luca.bindi@unifi.it)

Known quasicrystal

Icosahedral:  $Fm\bar{3}5$

$a_{6D} = 12.64 \text{ \AA}$  (six-dimensional notation)

3.75(20), 3.41(25), 3.24(20), 2.451(10), 2.108(90), 2.006(100), 1.452(15), 1.238(30); note  
that grains do not diffract as single crystals

Type material is deposited in the Mineralogical Collection of the Museo di Storia Naturale,  
Università di Firenze, Firenze, Italy, catalogue number 46407/G

How to cite: Bindi, L., Steinhardt, P.J., Yao, N. and Lu, P.J. (2010) Icosahedrite, IMA 2010-042. CNMNC Newsletter, Month 2010, page X; *Mineralogical Magazine*, XX, XXX-XXX

Официальное письмо Комиссии по новым минералам Международного минералогического общества о признании нового минерала —

икосаэдрита  $\text{Al}_{63}\text{Cu}_{24}\text{Fe}_{13}$

размерные фазы. В 2010 г. был обнаружен и утверждён минерал икосаэдрит — первый природный квазикристалл [13]<sup>1</sup>. А в декабре 2011 г. Шехтману была присуждена Нобелевская премия по химии за открытие квазикристаллов [3]. Росло и число различных теорий, в первую очередь математических, объясняющих их строение.

<sup>1</sup> Результаты оформлены аккуратно и, несмотря на сомнения минералогов, нам хотелось бы верить в истинность этого открытия.

Одна из теорий интерпретирует квазикристаллы как идеальные кристаллы пространства Лобачевского [14]. Рассматривая ромбические тела Кеплера, заметим, что кубами и ромбическими додекаэдрами можно замостить все трехмерное пространство, укладывая их тесно без свободных промежутков. Триаконтаэдры не позволяют замостить евклидово пространство, но замощение становится возможным в пространстве Лобачевского, в котором возможны пятерные оси в кристаллах. При этом вершины триаконтаэдров, осуществляющих замощение, образуют кристалл с осями пятого порядка.

**3. Математика квазикристаллов.** Основные подходы к математическому описанию квазикристаллов связаны с идеями самоподобия, а также с проецированием многомерных правильных структур в трехмерное пространство. Российский математик Владимир Игоревич Арнольд (1937–2010) обнаружил, что теория, объясняющая связь между икосаэдром и эвольвентами Гюйгенса, позволяет понять, как может получиться квазикристаллический спектр, наблюдаемый при рентгеноструктурном анализе квазикристаллов [15]. Арнольд заметил, что «теории, предложенные физиками для объяснения наблюдений квазикристаллов, идейно близки к ... построениям, возникшим как побочный продукт исследования особенностей эвольвент и волновых фронтов Гюйгенса, — еще один пример того удивительного единства, которое так поражало Ньютона и его современников, что они истолковывали его как доказательство существования Бога».

Напомним, что эволютой называется геометрическое место центров кривизны кривой. Первоначальная кривая по отношению к своей эволюте называется эвольвентой. К сожалению, из современных учебников математического анализа практически исчезли понятия кривизны, эволюты, эвольвенты, а также кручения. По этому поводу Арнольд заметил, что «Эвольвенты присутствовали во многих старых учебниках анализа..., но в современных курсах имеется тенденция о них умалчивать. ... Я думаю, что большинство современных студентов, изучающих анализ, даже отличников, построить эвольвенту кубической параболы вообще не в состоянии». Стоит ли удивляться, что



теория Арнольда, связавшая квазикристаллы с эвольвентами, сложна для понимания не только студентов, но и специалистов.

## Литература

1. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Статистическая физика. Часть 1. — М.: Наука, 1995. 608 с.
2. *Кеплер И.* О шестиугольных снежинках. — М.: Наука, 1982. 192 с.
3. Сайт Нобелевских премий, [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/2011/shechtman.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2011/shechtman.html)
4. *Антонюк П.Н.* Ромбические тела Кеплера, правые и левые тела Архимеда и универсальность куба // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Годичная научная конференция, 2005. — М.: Диполь-Т, 2005. С. 272–273.
5. *Антонюк П.Н.* Золотое сечение — математический термин Леонардо да Винчи / Леонардо да Винчи и культура возрождения: сб. статей. — М.: Наука, 2004. С. 150–154.
6. *Пидоу Д.* Геометрия и искусство. — М.: Мир, 1979. 336 с.
7. *Johannes Kepler.* Book II of The Harmony of the World: On the Congruence of Harmonic Figures / Translated into English with an Introduction and Notes by E. J. Aiton, A. M. Duncan, J. V. Field // Memoirs of the American Philosophical Society Held at Philadelphia for Promoting Useful Knowledge. 1997. V.209. P. 96–125.
8. *Penrose R.* Pentaplexity: A Class of Nonperiodic Tilings of the Plane // Eureka. 1978. V. 39. P. 16–22.
9. *Shechtman D., Blech I., Gratias D., Cahn J.* Metallic Phase with Long-Range Orientational Order and No Translational Symmetry // Phys. Rev. Letts. 1984. V. 53. P. 1951–1954.
10. *Pauling Linus.* Apparent icosahedral symmetry is due to directed multiple twinning of cubic crystals // Nature. 1985. № 317, p. 512 – 514 (10 October)
11. *Linus Pauling.* The so-called icosahedral quasicrystals of manganese- $\beta$ -aluminum and other alloys // Quimica Nova. 1988 (January). V. 11. No. 1. P. 6–9.
12. Report of the Executive Committee for 1991 // Acta Cryst. 1992. A48, p. 922–946 (p.928) ; Online Dictionary of Crystallography: crystal, <http://reference.iucr.org/dictionary/Crystal>
13. *Luca Bindi, Paul J. Steinhardt, Nan Yao and Peter J. Lu.* Icosahedrite,  $\text{Al}_{63}\text{Cu}_{24}\text{Fe}_{13}$ , the first natural quasicrystal // American Mineralogist. 2011 (May–June). V. 96. No. 5–6. P. 928–931.
14. *Антонюк П.Н., Галиулин Р.В., Макаров В.С.* Квазикристалл как идеальный кристалл пространства Лобачевского // Природа. 1993. № 7. С. 28–31.
15. *Арнольд В.И.* Гюйгенс и Барроу, Ньютон и Гук — первые шаги математического анализа и теории катастроф, от эвольвент до квазикристаллов. — М.: Наука, 1989. 96 с.

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

## **«ДЛЯ ПРИУМНОЖЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗНАНИЙ...»\***

Предлагаемые вниманию заметки адресованы как самим историкам науки, так и всем интересующимся историей научных знаний. Надо сказать, что за рубежом исследовательские учреждения, подобные тому, в котором отбирались материалы для сборника, что в руках у читателя, достаточно редки. Историк науки, как правило, вовлечён либо в преподавательскую, либо в музейную деятельность. Если университетская практика достаточно известна, то музейная среда составляет значительно менее знакомый и заслуживающий освещения фон, на котором явственно проступают иные, отличные от академических, социальные функции истории науки, например, научного просветительства.

Тому есть причины. История науки органически близка к научной популяризации, поскольку она реконструирует процесс получения научного знания, переходя в исторической последовательности от простого к сложному, затрагивая при этом судьбы людей науки, что естественным образом пробуждает общественный интерес и приближает к ней широкую аудиторию.

Однако при всех отличиях, в которых протекает деятельность историков науки, общего у них всё же больше, чем различий, поэтому знакомство с чужим опытом всегда представляется полезным. Да, общего больше, чем различий, хотя книги и статьи историки науки, занятые в музеях, пишут в свободное от основных занятий время,

---

\* Из завещания Джеймса Смитсона: "For the Increase and Diffusion of Knowledge..." — «Для приумножения и распространения знаний...»

как, например, Грегг Херкен, долгие годы работавший в Национальном аэрокосмическом музее и не так давно закончивший книгу «Братство бомбы», уже переведённую на русский язык. Или сотрудничавший с тем же музеем историк физики Стенли Голдберг, известный своими биографическими изысканиями, связанными с личностью руководителя Манхэттенского проекта генерала Л. Гровса. Результаты его исследований лишены раз доказывают, что хорошая биография часто и есть хорошая история. А вот Пол Формэн, автор ряда работ по истории квантовой механики, в которых он пытался установить корреляцию её идей с интеллектуальным фоном Веймарской республики, до самого последнего времени курировал раздел физики в Национальном музее американской истории. Там же работает и Артур Молелла, возглавляющий в настоящее время Лемелсоновский центр изучения изобретений и инноваций. Он принимал самое деятельное участие в издании научного наследия Джозефа Генри. Все перечисленные учёные и многие другие в разные годы бывали в ИИЕТ. Артур Молелла до сих пор хранит в своём кабинете объявление о выступлении в 1990 г. американских учёных в стенах этого института. Но прервём затянувшееся перечисление, мысленно извинившись перед всеми не упомянутыми здесь, и обратим внимание непосредственно на Смитсоновский институт, знакомство с которым объяснит читателю выбор названия данной публикации.

В самом центре американской столицы, между Капитолийским холмом и монументом Джорджу Вашингтону, расположился Смитсоновский институт. Его здания, слов-



Артур Молелла, возглавляющий в Национальном музее американской истории Лемелсоновский центр изучения изобретений и инноваций, хранит в своем кабинете напоминание о посещении ИИЕТ в 1990 г.

но представляя все архитектурные стили от классицизма до модерна, обступили огромную площадь — знаменитый Молл, что вернее всего перевести, как «тенистое место для гуляния». Название в данном случае вполне обосновано — обсаженный вековыми деревьями просторный газон как нельзя лучше подходит для прогулок. И не только: каждое лето он на 10 дней становится ареной Американского фольклорного фестиваля, на котором ремесленники и музыканты со всех штатов охотно демонстрируют свои таланты и традиционное искусство.

Об этом, как и многом другом, можно узнать из 3-минутных сообщений, включаемых 175 телестудиями страны в свои информационные программы, из еженедельной получасовой передачи «Радио Смитсоуэн», транслируемой 80 станциями по национальному радиовещанию, и, разумеется, из анонсов и комментариев, публикуемых в 1,5 тыс. американских газет.

К услугам тех, чьи интересы и любознательность отличаются глубиной и постоянством, — телесериал «Смитсоновский мир», ежемесячный «Смитсоновский журнал», наконец, свыше 100 научных монографий, выходящих каждый год в свет, чтобы сообщить новые сведения о коллекциях и исследованиях смитсоуэнцев и просто о науке, технике, искусстве и их истории.

Всё это — не считая многочисленных брошюр, буклетов, аудио- и видеозаписей, роскошно иллюстрированных изданий, вроде «Сокровищ Смитсоуэна», а также проспектов и каталогов, сотни постоянно обновляемых тематических экспозиций, круглый год путешествующих по стране и за рубежом. А сколько экспозиций и интерактивных сайтов вынесено в Интернет!

Но и это еще не всё! Путеводители извещают, что кроме 19 музеев и художественных галерей, а также 9 исследовательских центров, собравшихся возле «средневекового замка» в уже знакомом нам месте, в двадцати минутах езды на северо-запад расположился Национальный зоопарк с 3,5 тыс. обитателей, а в Анакостии, исторической части южного Вашингтона, — музей афро-американской культуры. Тем же, кто изучает дизайн и хотел бы ознакомиться с его историей и современным состоянием, придётся посетить дворец небезызвестного Эндру Карнеги в Нью-



Замок, ставший символом Смитсоновского института, был построен в 1855 г. В наши дни отсюда осуществляется управление всей почти необъятной институцией

Йорке, где находится соответствующий музей со 167 тыс. экспонатов.

Кстати о Замке, готический силуэт которого стал символом Смитсоновского института. Эта первая из смитсоновских резиденций была сложена из красного кирпича спустя 9 лет после основания самого Института в 1846 г. и за 8 лет до возведения Капитолия. В наши дни отсюда осуществляется управление всей почти необъятной институцией, включая её «заморские департаменты». Здесь же проходят официальные церемонии.

Вряд ли думал Джеймс Смитсон, умирая 27 июня 1829 г. в Генуе, что завещанные им, к немалому удивлению родственников, 260 тыс. фунтов стерлингов положат начало крупнейшему в мире музейному комплексу. Сей почтенный джентльмен, пожалуй, единственный в роду герцогов Нортумберлендских, увлекался, по отзывам его оксфордских наставников, химией и минералогией и в 1802 г. подтвердил их наблюдения, описав цинковую руду, названную в его честь смитсонитом. Малоизвестный у себя на родине, он

часто бывал в Париже, где поддерживал дружбу со многими знаменитыми учёными, и никогда, за все 64 года своей жизни, не ступал на американскую землю. Тем не менее, именно благодаря ему множество людей ежегодно устремляются в Вашингтон, куда их привлекают возможности, предоставляемые для научных исследований, и 137 млн экспонатов, образующих музейные фонды Смитсоновского института. Достаточно указать, что только Аэрокосмический музей принимает в год 10 млн посетителей, Музей американской истории — 6 млн, а в общей сложности Национальные музеи Смитсоновского института за год посещают свыше 25 млн человек, и это не считая 173 млн гостей, навещающих его в Интернете.

Итак, что же в музеях? Практически всё: от лаковых миниатюр до сверхсовременных истребителей, причём все это «настоящее» или «как настоящее», вроде динозавров из Музея естественной истории. Более того, следуя воле своего основателя и мандату Конгресса — «приумножать и распространять знания», — Смитсоновские музеи строят свою выставочную работу с учётом интересов всех возрастных, социальных и образовательных групп экскурсантов. Можно долго спорить об академических достоинствах такого подхода к истории, о социокультурном, контекстуальном и другом «фоне» её изложения, но экспозиции оправдывают себя одним фактом существования — достаточно взглянуть...



В 1904 г. прах Джеймса Смитсона был перенесен из Генуи в основанный им в Вашингтоне институт

Поэтому домохозяйка, которую в Национальный

аэрокосмический музей завлѣк её десятилетний сын, давно желавший забраться в лунный модуль «Аполлона-11», тоже невольно задержится перед длинной витриной, представляющей историю униформы стюардесс и пилотов, в то время как историк вертолѣтостроения будет в специально отведѣнном зале с профессиональным интересом знакомиться с документами, относящимися к творческой биографии И.И. Сикорского. И хотя самолет братьев Райт встречает посетителей прямо у входа в музей, подлинное знакомство с историей первых полѣтов аэропланов состоится чуть поодаль и пройдет под звуки рэгтайма. Что же касается аппаратов «легче воздуха», то увидеть воздушные шары и монгольфьеры можно вкупе с их мотивами, запечатлѣнными на заре воздухоплавания в элементах декора, художественного фарфора и мебельных инкрустаций. Кстати, в недавно отстроенном под Вашингтоном филиале музея разместился среди других экспонатов, включающих небезызвестную «Энолу Гэй», ни больше ни меньше как последний сверхзвуковой лайнер — «Конкорд», собственной персоной и в натуральную величину.

Да что там униформа! В Национальном музее американской истории можно лицезреть «как живую» Мэри Линкольн и других Первых леди, оценить конструкцию первенца конвейерного производства — «Форд-Т», перелистать ноты Дюка Эллингтона и воочию увидеть такие американские реликвии, как Национальное знамя, печатный станок Бенджамина Франклина, локомотив Джона Буля и телефон Александра Белла. Специальные залы отведены бонистам, нумизматам... А филателистам с их Почтовым музеем повезло особенно. Одно сознание того, что Смитсоновская национальная филателистическая коллекция насчитывает свыше 14 млн марок, позволит даже искушѣнному коллекционеру снова почувствовать себя фронтирсменом, тем более, что он сможет прямо из местного почтового отделения времѣн освоения дикого Запада повторить путь почтальона до Балтимора, когда он ещѣ пролегал через девственный лес, где нередко можно было встретить и медведя, и пуму.

Ну, а если вы действительно интересуетесь историей науки и техники, то наверняка узнаете много интересного из истории медицинских наук, фотографии, электриче-

ства, железных дорог, научных приборов, строительства мостов, производства стекла и т.д., и т.п. Не забудьте посетить специальные тематические экспозиции музея, посвящённые машинному перевороту, роли науки в американской жизни, 100-летию Нобелевской премии, современной революции в информатике и многому другому. Жаль, что вы не сможете побывать на знаменитой «Филадельфийской выставке» 1876 г. Она находилась тут же, неподалёку, во втором старейшем здании Смитсоновского института — «Искусств и ремёсел», в стенах которого в 1881 г. был дан инаугурационный бал по случаю начинавшегося президентства Дж. Гарфилда, а в наши дни даются представления для детей, устраиваемые с октября по июнь «Театром открытий». Здесь же размещались экспонаты, оставшиеся от «Столетней выставки», сам вид которых мог больше сказать о динамичном духе Америки конца XIX века, её эстетике и умонастроениях, чем иная монография, посвящённая викторианской эпохе. Впрочем, это далеко не всё. Здесь были представлены материальные свидетельства того времени со всего мира: от России до Германии. Сейчас, когда музей закрыт на реконструкцию, остаётся лишь вспоминать все эти электрические машины, лифты, устройством напоминающие штопор, пугающие хирургические инструменты, величественные рояли и т.п.

Отдохнуть от теперь уже мысленного созерцания всей этой торжествующей машинерии времён Жюль Верна можно в прилегающем к музею прелестном саду с экзотическими растениями, разбитом в том же викторианском стиле. Не удивляйтесь, узнав, что вы вместе с 4 акрами зелёных насаждений находитесь на крыше нового подземного комплекса, предназначенного для исследовательских, выставочных и образовательных целей. Пусть данная информация станет ещё одним поводом взвесить свои впечатления от посещения Института.

Если увиденное в «Смитсонии» вам понравилось, то наверняка появится смутное желание как-то приобщиться ко всему этому. Получить «вид на жительство» совсем просто. Всего за 20 долларов вы сможете на целый год стать её ассоциированным членом, отмеченным массой льгот и привилегий. Вам будет предоставлено право участвовать во множестве программ и семинаров, рассчитанных на любой



вкус, будь то увлечение авиацией времён Первой мировой войны, генеалогией или старинной мебелью. Вы сможете в составе специальных туристических групп, возглавляемых опытными инструкторами, путешествовать по Национальным паркам и заповедникам, а также по Португалии, Индии, Китаю, Мексике... Вы будете представлены ко «Двору приглашённых», уютному и недорогому ресторану, отныне открытому для вас и вашей семьи. Вы получите 10–20% -ную скидку на покупки в смитсоновских магазинах и, конечно, подписку на «Смитсоновский журнал».

Впрочем, если вы столь щедры, что готовы внести 60, 125 и более долларов, ваш статус будет соответствовать категории «сторонника», «донора», «спонсора» и т.д., вплоть до «патрона». Разумеется, каждая новая «визовая категория» включает в себя преимущества предшествующих и вместе с тем таит нечто новое. «Натурализовавшись» за 2 тыс. долл. в качестве члена Общества Джеймса Смитсона, вы будете вместе с директорами и кураторами музеев проводить ежегодный уикэнд, завершаемый официальным обедом в компании членов Конгресса и представителей дипломатического корпуса. И вовсе не потому, что «много долларов — много ума», а в соответствии с вашим немало просвещённым мнением будут отбираться для вас копии редчайших документов и звукозаписей из смитсоновских коллекций.

О реальной популярности такого рода программ говорят цифры: только в одной из них, охватывающей жителей Вашингтона, участвует 125 тыс. ассоциированных членов. Всего же в 3 тыс. ежегодных мероприятий культурного, гуманитарного и научного характера, проводимых музеями, принимают участие 275 тыс. вашингтонцев. Единственным ограничением служит возрастной ценз: каждый из участников должен быть не моложе... 4 лет.

Многие, тем не менее, не ограничиваются подобными формами участия, предпочитая работать бок о бок с сотрудниками Смитсоновского института, и таких волонтеров — 5 тысяч. Завершая эту тему, отметим, что право посещения музеев предоставляется всем желающим совершенно бесплатно.

Правоммерно, однако, задаться вопросом: насколько описанное выше серьёзно в научном плане, не слишком ли

много затей и развлечений? Общим в ответах на поставленный вопрос явится лишь их однозначность.

Вот только несколько соображений. Смитсоновский институт является первым в Америке, в котором благоприятные условия для научных исследований были созданы за счёт государственных субсидий. Резонно полагая, что цели нации лучше просматриваются на общенациональном горизонте, Конгресс выделяет Институту значительные дотации, без которых было бы трудно довести его годовой бюджет до отметки в 861,5 млн долл., не учитывающей дополнительного финансирования новейших проектов. В силу этого смитсоновцы просто обязаны выполнять определённые социальные функции. Характерно, что такая постановка вопроса ни у кого не вызывает сомнений. Она свободна и от академического снобизма, и от обывательской ограниченности: просто американцы любят свой «Смитсониэн», и он отвечает им взаимностью. Насколько эффективна в этой связи деятельность Смитсоновского института как разумная альтернатива антисциентизму и технофобии, оставим судить читателю.

В плане научных стандартов заметим, что занимательность и лёгкость восприятия экспозиций достигаются не только изучением массовой психологии, но и глубокой исследовательской работой, требующей профессиональных знаний в широкой области: от истории костюма до промышленной археологии. Пусть рядовой посетитель не заметит за фасадом Национального зоопарка совместной работы учёных многих стран по изучению и сохранению редких и вымирающих видов животных; специалист её заметит наверняка. От него также не скроется, что кроме 30-метрового голубого кита, алмаза «Надежда» и «коралловых рифов» в Музее естественной истории можно обнаружить 300 высококвалифицированных биологов, сочетающих музейную работу с профессиональными занятиями.

Научные традиции Смитсоновского института складывались под влиянием его первого Секретаря — выдающегося американского физика Дж. Генри, чье имя увековечено в системе физических размерностей. Кстати, оставшиеся после него материалы образуют специальный историко-научный фонд — «Бумаги Джозефа Генри», который доступен для любого исследователя, как и велико-



Научные традиции Смитсоновского института складывались под влиянием его первого Секретаря — выдающегося американского физика Джозефа Генри

лепная Дибнеровская библиотека по истории науки и техники.

В подтверждение достоверности сказанного сообщим, что Смитсоновский институт является национальным лидером в части предоставления стипендий по истории науки и техники. Реализуемая им в этой сфере программа ежегодно привлекает более 50 пред- и постдокторантов из ведущих университетов Америки. Они стажировались, в основном, в Национальном музее американской истории и Национальном аэрокосмическом музее, поскольку именно там силами

примерно 100 специалистов ведутся фундаментальные исследования и практические разработки Смитсоновского института в данной области. Кроме того что в Музее американской истории помещаются редакции двух ведущих журналов историко-научного профиля «Technology and Culture» и «American Quarterly», он является своего рода штаб-квартирой Общества истории науки, а также Общества истории техники. Возможности, предоставляемые Национальным аэрокосмическим музеем, ничуть не меньше. Таким образом, перед стажёрами открываются широкие перспективы для самостоятельных исследований, получения консультаций и вхождения в историко-научный социум.

В целом, стипендиальная программа Смитсоновского института отличается удивительной широтой и дисциплинарным разнообразием. Стипендии предоставляются как студентам, так и сложившимся учёным на срок от 3 недель до 1 года. При этом расходы, связанные с необходимыми разъездами и получением консультаций, оплачиваются дополнительно. Здесь пишущему эти строки надлежит и самому выразить признательность Смитсоновскому институту с его Офисом стипендий за неоднократно предоставлявшуюся возможность посещать почтенную институцию и работать в её музейных, архивных и библиотечных фондах.

Читателю будет также небезынтересно узнать, что в числе административных и информационных служб в уже известном ему Замке размещается независимый Международный центр учёных им. Вудро Вильсона, в функции которого, кроме прочего, входит выделение стипендий и грантов на проведение исследований в Кеннановском институте, связанных с изучением зарубежных стран, в том числе нашей.

Продолжая анализ собственно научной деятельности Смитсоновского института, вернёмся к периоду его основания. После того, как в 1835 г. умер, не оставив детей, единственный племянник Дж. Смитсона, и вопросы, связанные с немалым наследством, составлявшим по тогдашнему курсу 500 тыс. долл., были окончательно урегулированы, начались прения в Конгрессе, растянувшиеся на 10 лет. Завещание, дословно гласившее: «...основать в Соединенных Штатах Америки, в Вашингтоне, институт, под

именем Смитсоновского, для приумножения и распространения знаний», давало возможность самых различных толкований. Каким быть Институту? Быть ли ему школой, библиотекой, высшим учебным заведением, лабораторией? Может быть, экспериментальным фермерским хозяйством или обсерваторией? Мнения высказывались самые разные. Итоговое решение с истинно американской широтой вобрало в себя почти все предложения.

Институт был задуман в единстве исследовательских и просветительских задач.

Следствием этой концепции стали: великолепная Смитсоновская астрофизическая обсерватория, входящая в Гарвард-Смитсоновский астрофизический центр и базирующаяся в Амадо (шт. Аризона); хорошо известная океанологам Морская исследовательская станция в Форте Пирс (шт. Флорида); Смитсоновский центр исследований окружающей среды в Эдживотере (шт. Мэриленд), специализирующийся на проблемах взаимодействия физических, химических и биологических факторов в эстуариях и бассейнах рек; Смитсоновский институт тропических исследований в Панаме, изучающий поведение, экологию и эволюцию тропических организмов.

Не менее серьёзная исследовательская работа проводится историографами и архивистами Смитсоновского института, который с последней четверти XIX века взял на себя летописные функции, ведя систематический историко-документальный анализ развития науки и техники в стране. Их деятельность дополняется усилиями искусствоведов из Смитсоновских архивов американского искусства. В Нью-Йорке, Детройте, Бостоне, Сан-Франциско, Лос-Анджелесе и Вашингтоне ими проводится постоянный поиск и экспертиза материалов, относящихся к истории американского изобразительного искусства. Институт накапливает буквально всё, связанное с «американским опытом», будь то автографы известных спортсменов, значки, выпускаемые в ходе предвыборных кампаний, детские игрушки, документы, отражающие творческую судьбу крупных учёных или путь темнокожих американцев в авиацию... Если учесть сказанное выше, можно утверждать, что Смитсоновский институт непрестанно дарит Соединённым Штатам Америки их историю, а это для молодой нации немаловажно.

Наше путешествие по Смитсоновскому институту близится к завершению. Непродолжительность экскурсии не позволила нам заглянуть, например, в Сад ваяния Музея Хиршхорна, хранящий творения Родена и Мура, в Музей африканского искусства, где закончился путь удивительных работ в дереве и слоновой кости неизвестных художников и скульпторов, живших когда-то на границе Сахары, в Галерею Артура Саклера с её тысячей шедевров из Китая, Японии и Ближнего Востока. Не удалось нам также посетить автономную, но входящую в состав Смитсоновского института Национальную галерею искусства, где собрана живопись и графика европейских мастеров, начиная с XIII столетия, и многое, многое другое. А жаль... В культурном слое трудно провести демаркационную линию. Взять хотя бы Национальную портретную галерею, расположенную в старом здании Бюро патентов. Разве может это монументальное строение оставить безучастным историка архитектуры и тем более историка техники, для которого с ним связано столько захватывающих сюжетов? Не могут остаться без внимания и 700 портретов, находящихся внутри, навсегда сохранивших образы американцев, внёсших общепризнанный вклад в науку, технику, культуру и политику. Их осмотр одинаково увлечёт и обычного посетителя, и искусствоведа, пленённого портретом Мэри Кэссет кисти Э. Дега, и историка, для которого этот пантеон — ещё и уникальная иконотека.

Впечатления от посещения Смитсоновского института можно удержать в памяти подольше, приобретя что-нибудь в одном из многочисленных магазинов, полных умных игрушек, моделей и других памятных сувениров, производящих художественную и техническую мысль разных веков и регионов. Но главным приобретением от визита в эту империю культуры может стать новое, более глубокое понимание единства человеческой цивилизации и самого духа истории, заключённого в связи времён, — в том, что прошлое уже было будущим, которое каждый день становится настоящим.

## IV. ПАМЯТИ УЧЕНОГО

---

О.Н. ГОЛУБЕВА, Ю.Г. РУДОЙ  
*Центр естественнонаучного образования,  
Российский университет дружбы народов*

### **АЛЕКСАНДР ДМИТРИЕВИЧ СУХАНОВ (1936–2012)**

16 августа 2012 г. ушел из жизни доктор физико-математических наук, профессор Александр Дмитриевич Суханов, давний автор сборников «ИИФМ» и активный участник Общемосковского семинара по истории физики. Его имя хорошо известно широкому кругу физиков-теоретиков и физиков-преподавателей.

А.Д. Суханов родился 15 мая 1936 г. в Иркутске, где в то время жили его родители. Его отец, Дмитрий Николаевич, был крупным деятелем горной промышленности, и семья кочевала по шахтёрским центрам Сибири и Дальнего Востока. В 1946 г. они переехали в Москву. Здесь тихий, болезненный домашний мальчик из провинции с трудом осваивался в среде бойких московских школьников. Но уже в это время в юном Саше постепенно вызревали его самые характерные черты — он стал лидером, объединив вокруг себя компанию друзей, среди которых ближайшим был В.А. Ацаркин. Дружбу с ними он сохранил до конца жизни.



**АЛЕКСАНДР ДМИТРИЕВИЧ  
СУХАНОВ (1936–2012)**

Учился Саша очень хорошо и окончил школу с золотой медалью. В 1953 г. он поступил в МГУ им. М.В. Ломоносова, но на физфак его сначала не приняли, и первый курс он с неохотой отучился на химфаке. Проявив свойственную ему целеустремлённость, он одновременно посещал лекции и на физфаке, добившись летом 1954 г. у тогдашнего ректора И.Г. Петровского перевода «в физики». При распределении на специализацию он выбрал ядерное отделение, притом теоретическое направление, так что в 1959 г. получил диплом с отличием, в котором значилась профессия «Физик». Еще в 1958 г. (за год до окончания физфака) А.Д. Суханов совместно с Д.А. Славновым напечатали в ЖЭТФ свою первую научную работу по индефинитной метрике<sup>1</sup>.

Курс, на котором учился Саша, оказался очень сильным. Его однокурсниками и друзьями были А. Астахов, В. Ацаркин, В. Быстров, П. Елисеев, А. Гиппиус, Н. Минина, А. Овчинников, Д. Славнов, А. Скринский и многие другие, ставшие впоследствии известными профессорами и академиками. Сашина общительность и здесь позволила ему сколотить компанию, для которой одинаково интересными стали и туризм, и наука.

После университета была аспирантура Математического института АН СССР (знаменитая Стекловка) в отделе квантовой теории поля. Саша был в числе первых аспирантов, прикомандированных к ЛТФ (Лаборатория теоретической физики) в Дубне, которая как раз в 1959 г. переехала в собственное здание. С ЛТФ Саша оставался духовно связанным всю жизнь, а последние 15 лет жизни он был главным научным сотрудником ЛТФ.

Вместе со своими коллегами и друзьями А.Д. Суханов вошёл в состав первой волны «учеников учеников» Н.Н. Боголюбова, так сказать, его научных внуков, в числе которых были Д.А. Славнов, В.П. Павлов, О.И. Завьялов, А.В. Астахов, В.Г. Кадышевский. В 1961 г. состоялась защита кандидатской, а в 1971 г. — докторской диссертации (обе на физическом факультете МГУ по квантово-полевой тематике), и еще в течение многих лет он продолжал рабо-

---

<sup>1</sup> Применение индефинитной метрики к расчету  $\mu$ -распада // Научные доклады высшей школы. Физ.-мат. науки. 1958. Т. 3. С. 215 (соавт. Славнов Д.А.).



ту в этой области совместно со своими старшими коллегами Б.В. Медведевым и М.К. Поливановым.

Квантовая теория поля (КТП) еще долго оставалась его главной темой, а непосредственными наставниками — Д.В. Ширков и Б.В. Медведев, прямые ученики Н.Н. Боголюбова, которые проявляли к нему чрезвычайную требовательность. Принадлежностью к Боголюбовской научной школе он очень гордился и сам сделал немало для ее развития, а впоследствии и увековечивания памяти своих Учителей, которых он почитал свято.

Саша был способным и благодарным учеником, никогда не кичившимся, и тем более, не пользовавшимся близкими отношениями с этими выдающимися людьми. И здесь проявлялась еще одна его черта — невероятная самостоятельность и целеустремленность. Всего, что намечено, он должен добиться сам и доказать не окружающим, а самому себе, что он это может. Во взрослой жизни всё это часто приводило к серьёзным проблемам, но Саша не изменял себе. В университете, обнаружив эту особенность его характера, его друзья-физики придумали единицу для измерения воли — один Сухан.

## Жизнь и наука

После защиты докторской диссертации А.Д. Суханов оставался верен КТП в течение 30 лет, опубликовав по ней свыше 80 работ. Во многих из них его постоянным соавтором был В.П. Павлов. Развивая технику аксиоматического подхода Н.Н. Боголюбова, Суханов (с соавторами) наряду со многими другими серьёзными результатами получил обобщения тождеств Штейнмана, которые актуальны и по сей день, — в настоящее время они используются для теоретической обработки результатов многочастичных экспериментов.

В дальнейшем его научные интересы вышли за границы этой специальной области теоретической физики. Уже начиная с 1964 г. А.Д. Суханов был связан с научно-педагогической деятельностью в области физики, позже он заинтересовался историко-физическими исследованиями и философско-методологическими проблемами физики. Но всегда оставался физиком-теоретиком по своему образу мыслей.

Как это нередко бывает, истинный масштаб личности человека и его трудов начинает по-настоящему осознаваться лишь с течением времени. А.Д. был очень увлекающимся человеком. Чем бы он ни занимался (наукой, преподаванием, издательской и переводческой работой, любимым хобби — туризмом), он отдавался этому страстно и бескомпромиссно.

Послужной список А.Д. Суханова был разнообразным. Он всегда был в поиске и не раз менял место официальной работы, иногда совмещая разные формы деятельности. После защиты кандидатской диссертации он получил приглашение на должность заведующего отделом квантовой теории поля в Институт физики и математики АН Молдавской ССР. В дальнейшем он провёл несколько лет в теоретическом отделе Физико-химического института имени Л.Я. Карпова, где в то время образовалась сильная научная группа выходцев из «Боголюбовской школы» (в том числе В.В. Толмачев, В.К. Федянин, С.Ф. Тимашев). В рамках новой для него тематики А.Д. уже в 1964 г. опубликовал (совместно с А.А. Овчинниковым) работу по молекулярному иону водорода<sup>2</sup>, которая не утратила значение для квантовой химии вплоть до настоящего времени.

Вскоре в жизни А.Д. Суханова наступила пора преподавательской работы. Но выполнять её формально он не мог, ему надо было найти среду для самовыражения и взаимопонимания. Так, профессор А.Д. Суханов в разное время фигурировал в списках кафедр многих вузов российских городов (Горный институт, МИИГА, Лестех, ИСАА, ВЗИТЛП, Физтех, МГУ (Москва)), ННГУ (Нижний Новгород), РГПУ (СПб), Университет «Дубна». Он без устали ездил читать лекции, готовил авторские курсы.

## Суханов — педагог

**1. Физическое образование.** Почти полвека — с 1964 г. и до своей кончины, т.е. основную часть своей жизни, — А.Д. Суханов отдавал много своих незаурядных и разносторонних (лекторских, научно-методических и организационных) способностей преподаванию. Первый опыт на этом

---

<sup>2</sup> К вопросу о волновых функциях и электронных термах молекулярного иона водорода// ДАН СССР. 1964, Т. 157. С. 154 (соавт. Овчинников А.А.).

поприще он приобрел в 1964–1971 гг. на кафедре физики Московского горного института, где А.Д. работал вместе с Ю.М. Широковым и А.В. Астаховым, а впоследствии стал заведовать кафедрой. Особенно важным этапом становления А.Д. Суханова как учёного-педагога стало для него руководство в течение 15 лет (1971–1985) кафедрой физики Московского института инженеров гражданской авиации, где ему удалось создать работоспособный творческий коллектив. Тесные творческие и дружеские связи А.Д. установил с кафедрами физики других технических вузов.

В начале своей педагогической деятельности он был во власти формально-дедуктивного подхода, свойственного многим теоретикам. Но он недолго шел по проторенной колее, накатанной коллегами-предшественниками. А.Д. Суханова не удовлетворяла фрагментарность и анахроничность структуры курса общей физики, которая была уместна во времена Хвольсона, но не отвечала состоянию науки конца XX столетия. Глубоко чувствуя необходимость перемен, он искал основания для превращения этой дисциплины в органически целостный монолит. В итоге им был написан капитальный труд — «Фундаментальный курс физики» (ФКФ)<sup>3</sup> и «Лекции по квантовой физике»<sup>4</sup>.

В этих книгах он был верен своему кредо: физика — единая наука о моделях природы, а потому описание и микроскопических и макроскопических объектов надо излагать (когда это возможно) с позиций общих фундаментальных моделей.

В итоге возник очень нестандартный и подробный курс, не имеющий аналогов не только в отечественной, но и в мировой литературе. В нём в одно целое объединяются разделы, которые считались ранее самостоятельными и излагались только последовательно и независимо. Общая направленность всего изложения — учить думать физическими категориями. Конечно, это была «литература не для всех». Однако знаменательно, что сейчас эти книги стали

---

<sup>3</sup> Фундаментальный курс физики в 4-х томах. Том I. Корпускулярная физика. — М.: Агар, 1996; Том II. Континуальная физика. — М.: Агар, 1998; Том III. Квантовая физика. — М.: Агар, 1999; Том IV. Статистическая физика. — М.: Агар, 2004.

<sup>4</sup> Лекции по квантовой физике. — М.: Высшая школа, 2001, 2004 (соавт. Голубева О.Н.).

по-настоящему востребованными, они выложены в Интернете и многократно скачиваются. Знать об этом для автора было бы наилучшей наградой.

Позже А.Д. Суханов организовал при МГУ им. М.В. Ломоносова и в течение пяти лет (начиная с 1992 г.) возглавлял структуру совершенно нового типа — Российский научный центр физического образования (РНЦФО), имевший в качестве эмблемы символ сплетающихся в единое целое различных разделов физики.

Суханов стремился объединить преподавательское сообщество, для чего была нужна постоянная коммуникация, и в 1993 г. он стал одним из вдохновителей создания на базе ФИАН журнала «Физическое образование в вузах». До последних дней А.Д. занимал пост зам. главного редактора (акад. О.Н. Крохина), во многом определяя редакционную политику и самым активным образом участвуя в работе журнала в качестве автора, рецензента и редактора отдельных выпусков.

Параллельно с этим Суханов с соавторами из РГПУ им. А.И. Герцена опубликовал два тома учебника для педвузов<sup>5</sup>, получившего гриф Минобразования РФ и ставшего лауреатом Всероссийского конкурса учебников.

**2. Естественнонаучное образование.** Уже перечисленного выше достаточно, чтобы вписать свое имя в историю отечественного высшего образования, однако А.Д. никогда не останавливался на достигнутом. Одним из первых в стране — а возможно, и в мире — А.Д. Суханов осознал важность единения наук — как на уровне «большой науки», так и на уровне преподавания. При этом он видел важность внедрения не только естественнонаучных *знаний*, но и, главным образом, внедрения культуры естественнонаучного *мышления*.

В 1994 г. в созданном им Центре естественнонаучного образования гуманитариев на базе Российского университета дружбы народов (РУДН) А.Д. осуществил другую инновацию в российском образовании, неразрывно связанную с его именем. Он предложил концепцию естественно-

---

<sup>5</sup> Курс физики. Книги 1, 2. — М.: Высшая школа, 2004 (соавт. Бордовский Г.А., Гороховатский Ю.А., Кондратьев А.С. и др.).

научного образования гуманитариев, ключевым элементом которой стала дисциплина «Концепции современного естествознания», не имеющая аналогов за рубежом. Эта дисциплина была задумана им как современная интерпретация естественнонаучной картины мира, владение которой должно расширить кругозор гуманитариев. Этому контингенту были адресованы написанные им учебник<sup>6</sup> и утверждённая МО учебная программа в первом и обновленном вариантах (1995, 2000 гг.). За эту работу А.Д. Суханов в составе небольшого коллектива энтузиастов в 2000 г. получил Премию Президента России в области образования.

Существенным вкладом в новое дело стало учреждение в 1995 г. по инициативе А.Д. Суханова еще одного *нового журнала* (как одной из серий «Вестника РУДН», гл. редактор В.М. Филиппов) «Фундаментальное естественнонаучное образование» (ФЕНО). Этот журнал стал единственным в своем роде не только в России, но и во всем мире.

### Суханов — историк и методолог физики

Круг интересов А.Д. Суханова всегда был разнообразен. В зрелые годы у него возникло влечение к истории физики (и шире — к истории всех естественных наук), поскольку он справедливо полагал, что именно в истоках наук следует искать глубокие объединительные идеи, которые в конечном счете неизбежно приводят к постановке проблем в области методологии науки. Многие годы А.Д. плодотворно сотрудничал с сектором истории физики ИИЕТ РАН, многократно выступая на руководимом Вл.П. Визгиным семинаре с глубокими по содержанию и яркими по форме докладами, нередко поражая даже профессиональных историков науки своей эрудицией, а также памятью на имена, даты и факты.

И вновь, как это бывало не раз прежде, А.Д. Суханов пошел оригинальным путем: стремясь восстановить утраченное единство физической науки (а на её основе и других естественных наук), он предложил принципиально новую классификацию физических теорий. Ещё работая над

---

<sup>6</sup> Концепции современного естествознания. — М.: Агар, 2000 (1 изд.); М.: Высшая школа, 2004 (2 изд.); 2006 (3 изд.) (соавт. Голубева О.Н.)

циклом книг по ФКФ, он задумался о критериях построения структуры физики как науки. Так возникла идея крупномасштабного деления всего массива физических теорий, а позже и естествознания, в котором выделены *классическая* и *неклассическая версии*.

В качестве демаркационной линии А.Д. принял признание или отрицание в них *флуктуаций* физических характеристик как естественной реакции объектов на то или иное внешнее воздействие. Соответственно, потребовалось классифицировать и сами воздействия, подразделяя их на регулярные (классические) и стохастические (неклассические).

Углубление в труды классиков физической науки привело А.Д. к весьма плодотворным результатам. Поиску общих закономерностей флуктуационных явлений различной физической природы (квантовой и тепловой) он уделял пристальное внимание. На эту тему А.Д. написал целый ряд работ<sup>7,8</sup>.

В 2005 г. темы его докладов на конференциях «Столетие фундаментальных открытий Эйнштейна» в Москве<sup>9</sup> и «Albert Einstein Century» в Париже обозначали поиск обоснования для придания целостности неклассической версии концептуальной структуры физики. В том же году А.Д. опубликовал в «Успехах физических наук» фундаментальный обзор по термодинамическим флуктуациям<sup>10</sup>.

Разумеется, не могли остаться в стороне от внимания А.Д. и идейные основы квантовой теории, прежде всего наиболее трудные аспекты её физического осмысления и интерпретации. Критически рассматривая различные подходы, Суханов был сторонником «московской школы»

---

<sup>7</sup> На пути к неклассической физике: квантовые и тепловые флуктуации и обобщённая температура // Вестник РУДН, серия ФЕНО. 2003. Т.8, вып. 1–2 (соавт. Рудой Ю.Г.).

<sup>8</sup> Структурирование физического знания и определение границ классической физики. Наука: возможности и границы. — М.: Наука, 2003. С. 266–286 (соавт. Голубева О.Н.).

<sup>9</sup> Статистические теории Гиббса и Эйнштейна как пролегомены неклассической физики / Труды межд. конф. Столетие фундаментальных открытий Эйнштейна. Философские, физические, исторические проблемы. Москва, 2005. — М.: Наука, 2006. С.551–555.

<sup>10</sup> Термодинамические флуктуации в подходах Гиббса и Эйнштейна // УФН. 2000. Т. 170, № 12. С. 1265–1296 (соавт. Рудой Ю.Г.).

квантовой физики (К.В. Никольский, Д.И. Блохинцев). Изложению и анализу научных взглядов этих учёных он посвятил большой обзор<sup>11</sup>, а также два исследования по эволюции *ансамблевого подхода* в физике стохастических явлений<sup>12</sup>, которые помимо историко-физических сведений содержали выводы, свидетельствующие о концептуальном единстве неклассических теорий физики.

Вообще переосмысление классического наследия всегда характеризовало «фирменный» стиль научного мышления А.Д. Однако ему неизменно удавалось не только обнаружить «неизвестное в известном», но и, как он любил выражаться, «ввести это в культуру»; ярким примером такого рода является небольшая заметка «Об одной незамеченной идее Гиббса», опубликованная в УФН<sup>13</sup>. Вообще, А.Д. всегда стремился к тому, чтобы ни одна значимая физическая идея не была забыта или отброшена.

### Суханов — редактор и издатель

Следует вспомнить, что наряду с оригинальными работами А.Д. известен также как автор многочисленных переводов иностранных научных и научно-популярных книг по физике, а также комментариев и дополнений к ним. Он был научным редактором переводов других авторов и в этом качестве А.Д. неукоснительно следовал лучшим академическим традициям: полноте, систематичности, тщательному редактированию и сверке с первоисточниками, а также наличию научного комментария.

---

<sup>11</sup> D.I. Blokhintsev and Fundamental Problems of Quantum Mechanics / Proc. of XII Intern. Conf. Selected Problems of Modern Physics. Dubna, 2003. — Dubna: JINR, 2003. P.86–101 (coauthor Golubjeva O.N.); Д.И. Блохинцев и взгляды московской школы на фундаментальные проблемы квантовой механики / Исследования по истории физики и механики. 2005. — М.: Наука, 2006. С. 3–33 (соавт. Голубева О.Н.).

<sup>12</sup> Эволюция идей в становлении и развитии ансамблевого подхода к физике стохастических явлений (1809–2009) // Исследования по истории физики и механики. I. 2008. С. 253–265; II. 2009–2010. С. 349–378. — М.: Физматлит (соавт. Голубева О.Н., Хорунжая Л.В.).

<sup>13</sup> Об одной незамеченной идее Гиббса // Успехи физических наук. 2006. Т. 176, № 5. С.551–555 (соавт. Рудой Ю.Г.).

**1. Поль Адриен Морис Дирак.** В ряду издательских проектов прежде всего следует отметить осуществлённое А.Д. полное издание четырёхтомного Собрания трудов классика физической науки Поля Дирака<sup>14</sup>. Благодаря усилиям А.Д. увидели свет многие тексты великого физика, которые были разбросаны по малодоступным библиотекам и сохранились чуть не в единственном экземпляре. А.Д. выискивал историю их создания и обстоятельства публикации, которые изложил в обстоятельных комментариях. Особую ценность придаёт изданию включение в него технического отчёта, связанного с малоизвестной стороной деятельности Дирака — его участием в Британском атомном проекте во время войны.

По ряду существенных параметров это издание превосходит то, которое было сделано на родине Дирака, в Великобритании. Работа над ним сопровождалась тремя публикациями, одна из которых<sup>15</sup> была переведена на болгарский язык. В них давалась современная трактовка научного наследия Дирака.

**2. Николай Николаевич Боголюбов.** Много сил и времени А.Д. Суханов посвятил закреплению и популяризации научных достижений представителей боголюбовской школы, к которой он принадлежал. Данью любви и уважения к своему научному наставнику Б.В. Медведеву стала публикация А.Д. посмертного 2-го издания прекрасного учебника «Начала теоретической физики» и сборника избранных трудов Б.В. Медведева «50 лет в квантовой теории поля». Именно А.Д. был фактически написан содержательный некролог «Памяти М.К. Поливанова» и инициирован специальный выпуск журнала «Теоретическая и математическая физика», посвященный 90-летию Д.Н. Зубарева.

Однако поистине героическим достижением А.Д. Суханова стало осуществление им грандиозного издательского проекта по изданию 12-томного «Собрания трудов» гения российской науки Н.Н. Боголюбова<sup>16</sup>, на который ушло

---

<sup>14</sup> П.А.М. Дирак. Т. 1–4. — М.: Физматлит, 2002–2005.

<sup>15</sup> Тайна и наследие гения // Исследования по истории физики и механики. 2003. — М.: Наука, 2003. С. 11–54 (соавт. Санюк В.И.).

<sup>16</sup> Н.Н. Боголюбов. Собрание научных трудов / Ред.-сост. А.Д. Суханов. Т.1–12. — М.: Наука, 2005–2009.



«всего» пять лет (с 2004 по 2009 гг.). При этом оба его главных издательских проекта находились в работе одновременно — завершалось издание трудов Дирака и полным ходом шла подготовка текстов Боголюбова. Но все намеченное им было завершено точно к открытию в августе 2009 г. в ОИЯИ (Дубна) и Киевском университете Международных конференций в ознаменование 100-летия Н.Н. Боголюбова.

Готовя тома к печати, А.Д. не только провёл скрупулёзную сверку всех ранее изданных материалов с оригиналами, но также организовал новые переводы ранних статей Боголюбова с украинского и французского языков, разыскал малоизвестные статьи в самых труднодоступных и малотиражных изданиях, работал в архиве ЦЕРНа и снабдил многие статьи научным комментарием.

Надо отметить, что успех данного проекта был обусловлен тем, что А.Д. стал организатором и координатором действий огромного неформального коллектива, в который вошли ученые РАН и НАНУ, а также сотрудники ЛТФ ОИЯИ, издательства «Наука» и РФФИ. «Изюминкой» всей серии, разделённой на три части (математика и механика, квантовая теория, статистическая механика) стало придуманное им внешнее оформление — каждая часть была в переплётё цвета кварков — красного, зелёного и синего. Это символизировало единство физических дисциплин. За успешное осуществление этого издания Президиум НАН Украины удостоил А.Д. Суханова премии имени Н.Н. Боголюбова.

Свойственная А.Д. неустанная забота о подготовке квалифицированной научной смены проявилась также в подготовке отдельного издания «Избранных университетских лекций Н.Н. Боголюбова» (Изд-во Моск. ун-та, 2009), предназначенного студентам и молодым учёным. Книга получила премию на Московской книжной ярмарке.

### **Квантовая теория и термодинамика: путь к синтезу**

В середине 90-х годов А.Д. увлёкся новой научной проблемой, на первый взгляд весьма далёкой от КТП. Чтение лекций, написание учебников, статей по истории и методологии с анализом работ выдающихся физиков всегда сопровождалось у него размышлением о том, как соотносятся между собой отдельные неклассические теории. Его

привлекала идея навести мосты между квантовой и тепловой физикой, основанная на присущей им близости типов ансамблевого описания.

А.Д. был в числе тех, кто следовал высказыванию Планка о том, что «с давних времен, с тех пор, как существует изучение природы, оно имело перед собой в качестве идеала конечную, высшую задачу: объединить пёстрое многообразие физических явлений в единую систему»<sup>17</sup>. Неслучайно, что именно Планку А.Д. посвятил одно из своих глубоких историко-физических исследований.

Со страстью развивая новое направление — современную стохастическую термодинамику, он получил результаты, объединённые общим брендом «Инкorporация термодинамики в квантовую теорию»<sup>18</sup>.

**1. Идея  $(\hbar, k)$ -динамики.** Реализация искомой инкorporации мыслилась А.Д. на основе модификации обеих теорий: квантовой динамики (для описания тепловых эффектов) и термодинамики (пригодной для использования при низких температурах). В этом случае фундаментальные постоянные Планка  $\hbar$  и Больцмана  $k$  участвуют как равноправные партнеры, чему А.Д. придавал особое значение. Более того, следуя идеям Эйнштейна, А.Д. полагал, что в отличие от постоянной  $\hbar$  роль постоянной  $k$  сильно недооценена, так как часто она интерпретируется как технический переводной множитель. В действительности, она характеризует неустранимое стохастическое тепловое воздействие.

Микротеорию, в которой есть зависящая от температуры волновая функция и оператор стохастического воздействия (шредингерин), А.Д. Суханов именовал « $\hbar, k$ -динамикой»<sup>19</sup>. Модификация термодинамики<sup>20</sup> (стохастическая

---

<sup>17</sup> М. Планк. «Единство физической картины мира» (1909)

<sup>18</sup> Идеи Планка как первооснова неклассической физики // Исследования по истории физики и механики 2009–2010. — М.: Физматлит, 2010. С. 11–32 (соавт. Голубева О.Н.).

<sup>19</sup>  $(\hbar, k)$ -dynamics as some generalization of equilibrium quantum statistical mechanics // Physics of Particles and Nuclei. 2009. V.41. P.2010–2027 (coauthor Golubjeva O.N.).

<sup>20</sup> Квантовое обобщение равновесной статистической термодинамики. Эффективные макропараметры // ТМФ. 2008. Т. 154, № 1. С. 185–198.

термодинамика) состояла в обобщении понятия термостата с тем, чтобы оно было пригодно и при нулевой кельвиновой температуре (т.е. в квантовой теории). В итоге появился кванто-термостат, или произвольный вакуум<sup>21</sup>, который содержал в себе оба предельных случая (низких и высоких температур). Следующим шагом было рассмотрение флуктуаций в тех температурных диапазонах, где дисперсии наблюдаемых вызваны одновременно квантовыми и тепловыми воздействиями. В этом случае расчленение флуктуаций на квантовые и тепловые невозможно, ибо они не аддитивны, хотя и соизмеримы.

**2. Обобщённое соотношение неопределенностей.** Основным инструментом математического описания объединенной теории А.Д. Суханов считал соотношение неопределенностей (СН) в форме Шрёдингера, из которого в частных случаях следует СН в форме Гейзенберга–Робертсона, учитывающее только *коммутаторное* слагаемое, пропорциональное  $\hbar$  и имеющее чисто квантовую природу, или СН в форме Гиббса–Эйнштейна, которое учитывает только *антикоммутаторное* слагаемое, имеющее ненулевой классический предел при  $\hbar \rightarrow 0$ . Именно эти слагаемые позволяют разделить вклады квантовых и тепловых воздействий в целостное состояние физического объекта.

С другой стороны, целостное квантово-термодинамическое описание физического объекта предполагает наличие для него состояния теплового равновесия в форме коррелированно-когерентного состояния<sup>22–24</sup>. При этом в качестве квантового аналога нулевого начала термодинамики может рассматриваться состояние, описываемое насыщенным СН Шрёдингера.

---

<sup>21</sup> Произвольные вакуумы как модель стохастического окружения // Письма в ЭЧАЯ. 2012, 9, 3(173), с. 495–507. — Дубна: ОИЯИ (соавт. Голубева О.Н.).

<sup>22</sup> Соотношения неопределенностей Шрёдингера и физические особенности коррелированно-когерентных состояний // ТМФ. 2002. Т. 132, №3. С. 449.

<sup>23</sup> Соотношение неопределенностей Шрёдингера для квантового осциллятора в термостате // ТМФ. 2006. Т. 148, № 2. С. 295–308.

<sup>24</sup> Квантово-механический аналог нулевого начала термодинамики // Укр. физический журнал. 2013. Т. 58. С. 301–309 (соавторы Голубева О.Н. и Барьяхтар В.Г.).

Заметим, что достаточно давно А.Д. Суханов прозорливо отмечал, что «гравитация — теплая», и в настоящее время одним из самых эффективных подходов в теории гравитации и космологии действительно становится подход термодинамический; нет сомнения, что именно ему суждено приоткрыть завесу тайны над всё ещё загадочной темной энергией.

\* \* \*

Идеи, которые А.Д. вынашивал в течение многих лет, он не успел соединить в общую стройную систему. У него были дерзкие замыслы писать монографию и работать, работать, работать. Но последних публикаций, вышедших в 2012 и 2013 гг., он уже не дождался.

Болеет он, как и жил, — мужественно, надеясь только на себя. Замкнулся в себе, понимая всё. Не потерял ясность ума, напрягая не один Сухан воли. Ушёл спокойно, оберегая тех, кто был ему дорог.

К сожалению, Александру Дмитриевичу судьбой не было отпущено времени для полной реализации своих широкомасштабных замыслов, и пока не нашлось молодых энтузиастов-физиков, готовых продолжить эти исследования. Пока наше время к этому не вполне располагает, но ситуация должна измениться к лучшему. Нет сомнения, что посеянные А.Д. Сухановым ростки «новой физики» еще дадут полезные всходы и помогут решить самые сложные и актуальные проблемы физики.

Учёный-творец, обладающий глубоким и оригинальным умом и уникальной памятью, прирожденный Педагог-просветитель и блестящий Лектор, Глава большой и преданной семьи, верный Друг своих друзей и гостеприимный Хозяин всегда открытого дома — таким навсегда останется А.Д. Суханов в сердцах и памяти тех, кому довелось общаться с ним в работе и в жизни.

## АННОТАЦИИ

*И.А.Тюлина, В.Н. Чиненова, И.К.Зубова*

### **Алексей Николаевич Боголюбов как историк механики (к 100-летию со дня рождения)**

В марте 2011г. отмечали сто лет со дня рождения Алексея Николаевича Боголюбова (25.03.1911–01.11.2004) — видного советского математика, механика и выдающегося историка естествознания, члена-корреспондента Академии наук Украины, доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники, старейшего сотрудника Института математики НАН Украины. А.Н. Боголюбов являлся создателем и главой школы историков математики и механики Украины, талантливым педагогом, воспитателем научных кадров. Он — автор около 400 научных трудов, в том числе многих ценных книг по истории механики и теории машин и механизмов, по истории техники, прекрасных биографических очерков о европейских и отечественных учёных и деятелях техники, а также уникального и всем нужного в качестве настольной книги биографического справочника «Математики, механики».

В статье приводятся краткие биографические данные и анализ некоторых монографий и статей А.Н. Боголюбова. Статья посвящена научному вкладу Алексея Николаевича Боголюбова в развитие истории математики и механики.

*К.Н. Мухин*

### **Полвека в мире элементарных частиц (история исследований по физике $\pi$ -мезонов в Курчатовском институте)**

В статье рассказано об истории исследований по физике  $\pi$ -мезонов в Курчатовском институте.

*А.В. Кессених*

### **Эдвард Миллз Пёрселл, Феликс Блох и открытие магнитного резонанса (к 100-летию Э.М. Пёрселла)**

Рассмотрена роль выдающихся физиков Э.М. Пёрселла и Ф. Блоха в исследованиях магниторезонансных явлений. Описываются их биографии и оценка результатов их исследований научной общественностью. Статья посвящена 100-летию со дня рождения Пёрселла и 60-летию Нобелевской премии за открытие ЯМР.

*Я.И. Грановский*

### **Атом водорода (к 100-летию статьи Н. Бора)**

Античный «неделимый» атом дожил до XIX в. и за века существования приобрёл около 90 разновидностей, став главным действующим лицом в химии, носителем валентности. Однако его внутреннее строение оставалось неизвестным.

Годом рождения атомной физики следует считать 1913 г., статью Н. Бора. Гигантская работа по развитию её идей была проделана всего за 20–25 лет, в 10 раз быстрее классической науки (считая от И. Ньютона). Мы проследим развитие этой эпопеи, приведшей к созданию физики микромира.

*В.П. Визгин*

### **Теория относительности за пределами точного естествознания: Россия, 1920-е годы**

Исследуется влияние теории относительности на литературу и некоторые гуманитарные науки в России и СССР 1910-х и особенно 1920–1930-х гг. Показано, что в этот период резко возрастает интерес к пространственно-временным аспектам художественного творчества (П.А. Флоренский, А.Ф. Лосев, Р. Якобсон, М.М. Бахтин, В.Г. Богораз и др.), что стимулировало разработку таких нетривиальных концепций, как «обратная перспектива» Флоренского и «хронотоп» Бахтина. Отмечены многочисленные включения, касающиеся теории относительности и фигуры Эйнштейна, в поэзию и прозу 1920-х гг. (В.В. Хлебников, В.Я. Брюсов, О.Э. Мандельштам, Е.И. Замятин, А.П. Платонов и др.). В результате картина восприятия теории относительности в России и СССР становится более полной и стереоскопичной.

*А.С. Сонин*

### **Восприятие теории относительности в советской философской литературе в 1920–1930-е годы**

В работе показано, как воспринималась теория относительности советскими философами в первые годы советской власти. «Механисты» (А.К. Тимирязев, И.Е. Орлов, З.А. Цейтлин и др.) считали её физически неправильной и философски махистской. Часть философов (А.М. Деборин, А. Гольцман, А.А. Максимов и др.) частично признавали физическое содержание теории относительности и пытались согласовать её с марксистской философией, но при этом считали её методологические выводы идеалистическими. И, наконец, третья группа философов (С.Ю. Семковский, В.М. Гессен и др.) полностью признавали физическое содержание теории относительности, а её выводы согласными с философией диалектического материализма.

*А.С. Сонин*

### **Восприятие теории относительности советскими философами и философствующими физиками в период 1945–1960 гг.**

На заседаниях оргкомитета готовившегося Всесоюзного совещания физиков теорию относительности (ТО) критиковали только Тимирязев и Максимов. Зато после его отмены развернулась критика ТО главным образом философами — Омеляновским, Митиным, Штейманом и др., которые обвиняли её в идеализме. Книгу Иоффе

«Основные представления современной физики» обвиняли в том, что в ней он излагает ТО, как Эйнштейн. Подробно рассказано о критике ТО в знаменитом «Зелёном томе». Рассмотрена дискуссия о ТО на страницах журнала «Вопросы философии» по поводу статьи Наана. Подробно рассказано о дискуссии по поводу соотношения массы и энергии на страницах журнала «Успехи физических наук». В заключение рассмотрена дискуссия о ТО на Всесоюзном совещании по философским вопросам современного естествознания.

*К.А. Томили*

### **Теория относительности в научно-популярной литературе 1910–1920-х годов**

В статье рассматривается отражение теории относительности в научно-популярной литературе в России и СССР в 1910—1920-е годы. Анализируются публикации в журнале «Природа», а также обзоры научно-популярной литературы В.А. Базарова, А.А. Максимова и рецензии. Показано существование нескольких направлений — более или менее удачные попытки популяризации теории относительности (А. Эйнштейн, О.Д. Хвольсон и др.), популяризация в сочетании с идеологической адаптацией теории относительности в СССР (Б.М. Гессен, С.Ю. Семковский), попытки на популярном уровне выдвигать контраргументы против теории относительности (Ф. Ленард, А.К. Тимирязев) и принципиальное отрицание возможности её популяризации в сочетании с её изложением чисто дедуктивно-математическим образом (А.А. Фридман).

*В.В. Тёмный*

### **Как С.И. Вавилов мог стать президентом Академии наук СССР после осуждения и гибели в тюрьме родного брата? Версия**

Причины того, как академик С.И. Вавилов — родной брат академика Н.И. Вавилова, осуждённого в 1940 г. и погибшего в тюрьме 26.01.1943, — мог быть избран президентом Академии наук СССР с одобрения И.В. Сталина и Политбюро ВКП(б), обсуждаются более полувека. Ещё одну версию такого крутого виража судьбы Сергея Ивановича позволяют выдвинуть ставшие доступными недавно мемуары профессора В.И. Красовского, создателя первого в стране инфракрасного (ИК) прибора ночного видения. Он установил перед войной научно-технические контакты с С.И. Вавиловым, возглавившим Государственный оптический институт (ГОИ). Прерванные войной, эти контакты возобновились в апреле 1943 г. после неосторожного предложения 21.04.1943 г. Красовского Сталину о назначении С.И. Вавилова руководителем работ по массовому выпуску ИК приборов для Красной армии. Через несколько дней С.И. Вавилов был назначен специальным уполномоченным науки ГКО по развитию и координации научной работы в области инфракрасной техники. Успешная работа коллектива создателей

этих приборов была отмечена правительственными наградами. По-видимому, это послужило основанием для одобрения Сталиным и другими высшими руководителями СССР кандидатуры С.И. Вавилова на пост президента Академии наук СССР.

*К.Н. Мухин*

### **Воспоминания ветерана Курчатовского института о первых работах по Атомному проекту СССР**

В статье представлена атмосфера, в которой создавался и развивался Курчатовский институт. Особенно живо описано создание первого в СССР атомного реактора и получение первого плутония.

*Б.М. Болотовский*

### **Памяти Юрия Абрамовича Гольфанда**

В статье представлены воспоминания о Юрии Абрамовиче Гольфанде, докторе физико-математических наук, открывшем (совместно с Е. Лихтманом) свойство суперсимметрии во взаимоотношениях между ферми- и бозе-частицами (SUSY), что представляет важный вклад в квантовую теорию поля. Гольфанд работал старшим научным сотрудником в теоретическом отделе Физического института им. П.Н. Лебедева АН СССР (ФИАН) в Москве. Он часто обсуждал с академиком А.Д. Сахаровым актуальные проблемы квантовой теории поля, а также поддерживал борьбу Сахарова за права человека и принял участие в этой борьбе. В 1974 г. его уволили из ФИАНа по сокращению штатов. После этого он был безработным в течение семи лет. В 1980 г. благодаря протестам видных западных физиков ему было позволено занять должность в другой лаборатории ФИАНа, и он работал там до 1989 г., когда, наконец, получил разрешение эмигрировать в Израиль.

В воспоминаниях описаны некоторые эпизоды его драматической жизни.

*Ю.С. Владимиров*

### **Третья международная гравитационная конференция в Варшаве**

В статье изложены воспоминания одного из участников третьей Международной гравитационной конференции в Варшаве о работе этой конференции и охарактеризованы взгляды наиболее известных докладчиков на сущность и проблемы общей теории относительности.

*Я.И. Грановский*

### **Кулоновы симметрии**

В статье дан обзор исторического развития представлений о симметрии в задаче движения частицы в кулоновом/ньютоновом поле — от Германа и Бернулли до Паули и Фока. Отмечена роль



Лапласа и Гамильтона в углублении понимания специфики задачи. Рассмотрены также следствия симметрии, важные как в историческом, так и собственно физическом отношении.

*А.В. Кессених*

### **Кросс-эффект в динамической поляризации ядер. Между физикой и химией**

В 1962–1964 гг. во время стажировки в лаборатории колебаний ФИАН у А.А. Маненкова автором совместно с В.И. Луциковым и Ю.В. Тараном были высказаны предположения о характере элементарного акта кросс-эффекта ДПЯ и его зависимости от неравномерного насыщения линии ЭПР. Второй раз ту же идею высказали Д. Хилл и Ч. Хванг (США) в 1966 г. Они вежливо сослались на эти результаты. На них ссылался и Д. Уоллен (США) в 1976 г. В 1978–1980 гг. в своих обзоре и книге В.А. Ацаркин подробно анализировал механизм кросс-эффекта. Он указал на трудности описания кросс-эффекта в случае сложных систем. Эффективность кросс-эффекта продемонстрировали Кан-Ниан Ху, Роберт Гриффин и его команда (США) в 2004 г. Механизм динамической поляризации ядер (ДПЯ) по «кросс-эффекту», согласно К. Ху, Р. Гриффину и др., оказался самым эффективным механизмом усиления сигнала ЯМР для исследований химической структуры. В приложении к статье приводятся фотографии некоторых коллег, причастных к организации рассмотренных исследований и дальнейшему развитию теории кросс-эффекта.

К статье прилагается послесловие «Памяти Валерия Миляева», по инициативе которого и состоялась упомянутая стажировка в ФИАНе.

*П.Н. Антонюк, Я.В. Кучериненко*

### **Квазикристаллы — новое направление в кристаллографии**

Открытие в 1984 г. квазикристаллов позволяет заполнить область между периодическими кристаллами и аморфными телами. Оси симметрии пятого порядка, присущие квазикристаллам, рассматривались достаточно давно на примере различных геометрических фигур. В 2011 г. за открытие квазикристаллов была присуждена Нобелевская премия по химии.

*И.С. Дровеников*

### **«Для приумножения и распространения знаний...»**

В публикации описывается история создания и современное состояние Смитсоновского института, являющегося крупнейшим в мире музейным комплексом естественнонаучного профиля, включающим ряд исследовательских центров, а также музейных собраний произведений искусства разных эпох и регионов. Освещаются научно-просветительские культурные инициативы, работа с общественностью и активом из числа волонтеров.

## ABSTRACTS

*I.A. Tyulina, V.N. Chinenova, I.K. Zubova*

### **Aleksei Nikolaevich Bogolyubov as an historian of mechanics (to the centenary of his birth)**

The centenary celebrations on the occasion of the birth of Aleksei Nikolaevich Bogolyubov (March 25, 1911 – November 1, 2004) were held in March, 2011. Bogolyubov was a prominent Soviet mathematician and mechanic, an eminent historian of science, Corresponding Member of the Academy of Sciences of Ukraine, Professor, the senior researcher of the Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Ukraine. Bogolyubov was the founder and head of the historians of mathematics and mechanics school of Ukraine, a talented pedagogue and a mentor of scientific personnel. Doctor of Engineering Science, merited master of sciences and engineering.

He was an author of nearly 400 scientific works including many valuable books on the history of mechanics and theory of machines and mechanisms, history of technology, excellent biography essays on European and Russian scientists and figures of technology. He had written the unique “Biographical Reference Book of Mathematics and Mechanics”, a handbook necessary for everyone who is interested in the history of science.

The brief biographical data and analysis of some Bogolyubov’s monographs and articles are presented in this paper which is devoted to the scientific contribution Aleksei Nikolaevich Bogolyubov to the development of the history of mathematics and mechanics.

*K.N. Mukhin*

### **Half a century in the world of elementary particles (the history of researches on $\pi$ -meson physics in Kurchatov institute) (To I.I. Gurevich’s centenary)**

The article is devoted to the history of investigations on  $\pi$ -meson physics in Kurchatov institute.

*A.V. Kessenikh*

### **Edward Mills Purcell, Felix Bloch and discovery of magnetic resonance**

We consider the role of eminent physicists E.M. Purcell and F. Bloch in studies of magnetic resonance phenomena. We describe their biographies and evaluation results of their research by scientific community. The article is devoted to the 100th anniversary of Purcell and the 60th anniversary of the Nobel Prize for his discovery of NMR.

*Ya.I. Granovsky*

### **The hydrogen atom (for the 100th anniversary of Niels Bohr's Article)**

Antique "indivisible" atom lived up to the XIX century. Over the centuries it has gained about 90 species and become a major player in chemicals as a valence carrier. However, its internal structure remains unknown. 1913 year when Niels Bohr's article had written should be considered as the date of atomic physics birth. Tremendous work on the development of these ideas was done for just 20–25 years, 10 times faster than classical science (beginning from Newton).

We trace the history of the development, which led to the creation of microphysics.

*Vl.P. Vizgin*

### **The theory of relativity outside science, Russia, 1920th**

The influence of the theory of relativity on literature and some humanities in Russia in 1910th and especially 1920th is considered. It is shown that in this period sharply increased interest in space-time aspects of the artistic and literary creativity (P.A. Florensky, A.F. Losev, R. Yakobson, M.M. Bakhtin, V.G. Bogoraz etc.) that stimulated the formation of such important concepts as "reverse perspective" of Florensky and "khronotop" of Bakhtin. It is noted numerous inclusions of the theory of relativity and Einstein's figure to poetry and fiction (V.V. Khlebnirov, V.Ya. Bryusov, O.E. Mandelshtam, E.I. Zamyatin, A.P. Platonov etc.). As a result the reception picture of the theory of relativity in Russia and the Soviet Union becomes more complete and stereoscopic.

*A.S. Sonin*

### **Perception of the theory of a relativity in the Soviet philosophical literature in 1920–1930th years**

There is shown in this work how the theory of relativity was perceived by the Soviet philosophers at the first years of the Soviet power. «Mechanists» (A.K. Timirjazev, I.E. Orlov, Z.A. Tsejtlin, etc.) considered it as wrong one from the physical point of view and as Machist one philosophically. A part of philosophers (A.M. Deborin, A. Goltzman, A.A. Maximov, etc.) partially recognized the physical content of the relativity theory and tried to coordinate it with Marxist philosophy, but considered its methodological conclusions as idealistic. And at last the third group of philosophers (S.Ju. Semkovsky, B.M. Guessen, etc.) wholly recognized the physical content of the theory of relativity, and its conclusions concordant with philosophy of dialectic materialism.

*A.S. Sonin*

### **Perception of the theory of a relativity the Soviet philosophers and philosophizing physicists during 1945–1960th years**

Nobody but Timiryazev and Maximov criticized the theory of relativity (TR) at sessions of the organizing committee of the prepared All-Union meeting of physicists. But after its cancelling mainly philosophers — Omelyanovsky, Mitin, Shteinman, etc. subjected TR to criticism and accused it of idealism. The author of the book «The basic representations of modern physics» A.F. Ioffe was accused of TO exposition liked Einstein. TR is in detail told about the critic in well-known «Green volume». The discussion about TR on pages of the magazine «Voprosy filosofii» concerning Naan's paper is considered. The discussion apropos of mass and energy relation in the magazine «Uspekhi Fizicheskikh Nauk» pages is told in details. In conclusion the discussion about TR at the All-Union meeting on philosophical questions of modern science is considered.

*K.A. Tomilin*

### **The theory of relativity in the popular scientific literature of 1910–1920th years**

The article deals with the reflection theory of relativity in the scientific and popular literature in Russia and the USSR in 1910-1920's. Publications in the magazine "Priroda" as well as reviews of the scientific and popular literature of V.A. Bazarov, A.A. Maksimov and other reviews are analyzed. The existence of few directions — more or less successful attempts to popularize the theory of relativity (A. Einstein, O.D. Khvolson, etc.), popularizations in conjunction with the ideological adaptation in USSR (B.M. Gessen, S.Yu. Semkovsky) , attempts to transfer on a popular level counter-arguments against the theory of relativity (P. Lenard, A.K. Timiryazev) and principal denial of the possibility of its popularization in conjunction with its presentation of purely deductive-mathematical way (A.A. Friedman), is shown.

*V.V. Temnyi*

### **How could Sergey Vavilov become the President of the Academy of Sciences of the USSR after conviction and death in prison of his own brother? The version**

The reasons for selection of academician S.I. Vavilov, who was the brother of academician N.I. Vavilov convicted in 1940 year and perished in prison on 26 January 1943, as a president of the Academy of Science of the USSR from Joseph Stalin's and Political Bureau AUKP(b)'s approval are discussed more than a half of a century. Recently memoirs of professor V.I. Krasovsky which was the founder of the first in the country the infra-red (IR) device of night vision became accessible and allowed to put forward a new version of

such radical change in Sergey Vavilov's destiny. Before war Krasovskiy has established scientific and technical contacts to S.I. Vavilov who headed the State Optical Institute (SOI). Interrupted by the war these contacts have been renewed in April, 1943 when Krasovskiy carelessly proposed Stalin to offer S.I. Vavilov as a head of works on mass production IR-devices for the Red Army. This recommendation was accepted by Stalin and heads of the State Committee Defenses (SCD) of the country. In some days S.I. Vavilov has been appointed as a special science representative of SCD on development and coordination of scientific work in the field of infra-red technology. Successful work of the collective of founders of these devices was noted by government awards. Apparently, it has formed the basis for approval by Stalin and other bosses of the USSR S.I. Vavilov on a post of the President of the Academy of Sciences of the USSR. It has been selected almost unanimously on July, 17th, 1945 at the general meeting of AS of the USSR in spite of the fact that his brother has been subjected to repression, and passed away in prison.

*K.N. Mukhin*

### **Memoirs of the veteran of Kurchatov institute about pioneer researches on USSR Atomic Project**

This paper tells about the atmosphere in which Kurchatov Institute was created and developed. In particular the creation of the first atomic reactor in the USSR and first plutonium production are described vividly.

*B.M. Bolotovskii*

### **Memory of Yuri Abramovich Gol'fand**

Here are presented reminiscences about Yuri Gol'fand, Doctor of physics and mathematics, who discovered (together with E. Likhtmann) supersymmetric quality in the relationship between Fermi and Bose particles (SUSY), what appeared the important contribution to quantum field theory. Gol'fand was a senior staff scientist of Theoretical Department, P.N. Lebedev Physical Institute, Moscow. He discussed fairly often actual problems of quantum field theory with academician Sakharov. Gol'fand also agreed and supported Sakharov's struggle for human rights and took part in this struggle. In the year 1974 he was dismissed from Lebedev Institute on ground of reduction of the staff in Theoretical Department. Thereafter he was jobless during seven years. In 1980, because of protests by eminent western physicists, he was allowed to enter the staff in another laboratory of the Lebedev Institute and worked there until 1989, when the permission to emigrate to Israel was given to him.

In the reminiscences, some episodes of his dramatic life are described.

*Ju.S. Vladimirov*

### **The third International gravitational conference in Warsaw**

In this paper there are expounded memoirs of one participant of the third International gravitational conference in Warsaw about work of this conference and are characterized outlooks of the most noted speakers about the essence and problems of the general theory of relativity.

*Ja.I. Granovsky*

### **Coulomb symmetries**

In this paper the historical development of symmetry considerations in a problem of particle movement in Coulomb/Newton field is given — beginning from Herman and Bernulli up to Pauli and Fock. The deciding role of Laplace and Hamilton in deeper understanding the specific points of the problem is strongly emphasized. The relevant features of symmetry consequences are also reconsidered.

*A.V. Kessenikh*

### **Cross-effect in the dynamic nuclear polarization at a crossroad of chemistry and physics**

The author of this paper did some assumptions about the nature of the elementary act of cross-effect and its dependence on non-uniform saturation of the EPR line over 1962–1964 years during the internship in AM Prokhorov's laboratory of Physical Institute of the Academy of Sciences (PIAS) (together with A.A. Manenkov, V.I. Lushchikov and Yu.V. Taran). The second time the same idea were formed by D. Hill and C. Hwang (USA) in 1966, they politely made reference to these results. This work was cited by D. Wallen (USA) in 1976. In 1978–1980 years V.A. Atzarkin analyzed in detail the mechanism of cross-effect in his review and in his book. He pointed the difficulties in describing the cross-effect in the case of complex systems. The significant performance of CE demonstrated Kan-Nian Hu, Robert Griffin (USA) and others in 2004, which chose biradicals as a paramagnetic impurity and thus “cleared” this effect from complications associated with the interactions of three or more electron spins. The mechanism of dynamic nuclear polarization (DNP) for “cross-effect” in accordance with the data of K. Hu, R. Griffin and others, appeared to be as the most effective mechanism for enhancement of NMR signal for chemical structure investigations.

In the supplement to the paper some photos of colleagues involved in this research and further development of the theory of cross-effect are presented.

The afterword “In memory of Valery Milyaev”, who was a friend of author and an initiator of his internship at the Lebedev Institute, is attached.

*P.N. Antonyuk, Ya.V. Kucherinenko*

### **Quasicrystals as a new direction in crystallography**

The discovery of quasi-crystals in 1984 allows us to fill a gap between periodic crystals and amorphous bodies. Symmetry axes of fifth order which characterize quasicrystals were known long ago in different geometrical figures. In 2011 the discovery of quasi-crystals has been awarded The Nobel Prize in the field of chemistry.

*I.S. Drovenikov*

### **“To the Increase and Diffusion of Knowledge...”**

In the paper the history of foundation and a current state of the Smithsonian Institution which is the largest in the world museum complex of natural science, including a number of research centers, and also museum collections of works of art of different epochs and regions is described. Scientific and educational cultural initiatives, public relations and asset among the volunteers are also covered.

Научное издание

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИСТОРИИ  
ФИЗИКИ И МЕХАНИКИ  
2012–2013**

*Утверждено к печати  
Ученым советом  
Института истории  
естествознания и техники  
им. С.И. Вавилова РАН*

Редактор *Л.А. Панюшкина*  
Компьютерная верстка  
и оформление *М.Н. Грицук*

ИД № 01389 от 30.03.2000  
Гигиеническое заключение № 77.99.10.953.Д.005466.07.03  
от 25.07.2003

Подписано в печать 24.11.2014  
Формат 60x90/16. Бумага офсетная № 1. Печать офсетная  
Усл. печ. л. 35,0. Уч.-изд. л. 38,5. Тираж 300 экз.

Заказ №

Издательство физико-математической литературы  
123182 Москва, ул. Щукинская, д. 12, к. 1

Отпечатано с готовых pdf-файлов  
ОАО «Орехово-Зуевская типография»