

# НАУКА В СССР

Через тернии к звездам



Ю. С. Владимиров

## МЕЖДУ ФИЗИКОЙ И МЕТА- ФИЗИКОЙ



Книга 2

По пути  
Клиффорда—  
Эйнштейна

**Ю. С. Владимиров**

**МЕЖДУ  
ФИЗИКОЙ  
И  
МЕТАФИЗИКОЙ**

Книга вторая

**ПО ПУТИ  
КЛИФФОРДА—ЭЙНШТЕЙНА**



**URSS**

**МОСКВА**

**Владимиров Юрий Сергеевич**

**Между физикой и метафизикой. Кн. 2: По пути Клиффорда—Эйнштейна.**  
М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. — 248 с. (Наука в СССР: Через тернии к звездам.)

Настоящая книга продолжает цикл под общим названием «Между физикой и метафизикой», посвященный становлению фундаментальной теоретической физики в нашей стране (Кн. 1: Диамату вопреки. М.: URSS, 2010). В книгах этого цикла рассказывается о природе пространства-времени, о его ключевых свойствах (размерности, метрике, сигнатуре и т. д.), о гипотезах происхождения и эволюции мира, о построении единой теории взаимодействий, о соотношении науки, философии и религии и пр.

Данное издание посвящено истории развития в нашей стране в середине XX века принципов общей теории относительности, а также более глобальных идей о сущности пространства-времени и геометризации всей физики, выдвинутых В. Клиффордом, А. Эйнштейном и рядом других авторов. Изложены взгляды ведущих отечественных ученых того времени (В. А. Фока, Д. Д. Иваненко, А. З. Петрова, М. Ф. Широкова, А. Л. Зельманова и других) на ключевые проблемы этого фундаментального раздела физики, показаны их собственные идеи и ожидания от исследований в этой области науки. Предложен метафизический анализ развивавшихся в нашей стране и в мире физических теорий и программ по геометризации физических понятий и закономерностей.

Книга адресована широкому кругу читателей, интересующихся развитием представлений о физическом мироздании, проблемами современной физики и их философским осмыслением.

*Редактор:* д-р филол. наук, проф. *Т. Е. Владимирова*

*Рецензент:* д-р физ.-мат. наук, проф. *В. П. Визгин*

Издательство «Книжный дом «ЛИБРОКОМ»».  
117335, Москва, Нахимовский пр-т, 56.  
Формат 60×90/16. Печ. л. 15,5. Зак. № 4480.

Отпечатано в ООО «ЛЕНАНД».  
117312, Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, 11А, стр. 11.

ISBN 978-5-397-01918-7

© Ю. С. Владимиров, 2011

© Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011



9688 ID 119916



Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельца.

# Содержание

От издательства. <i>Ради будущего</i> .....	7
Предисловие .....	13
Введение .....	15
<b>Глава 1. Геометрическая картина мира</b> .....	<b>19</b>
1.1. Истоки геометрического подхода к физике .....	20
1.2. Идея Клиффорда о всеобщей геометризации физики .....	22
1.3. Рождение общей теории относительности .....	25
1.4. Роль Э. Маха в создании общей теории относительности ...	27
1.5. Космология .....	30
1.6. Проблема геометризации электромагнетизма .....	32
1.6.1. Идеи Гильберта о геометрическом объединении гравитации и электромагнетизма .....	32
1.6.2. Попытка Г. Вейля геометризации электромагнетизма ..	34
1.6.3. Пятимерная теория гравитации и электромагнетизма Т. Калуцы .....	37
1.6.4. А. Эйнштейн и идеи Вейля, Калуцы и Картана .....	39
1.7. Геометродинамика Уилера .....	42
1.8. Семь составляющих программы всеобщей геометризации физики .....	44
<b>Глава 2. Создание гравитационного сообщества в СССР</b> .....	<b>48</b>
2.1. Предпосылки создания гравитационного сообщества в СССР .....	50
2.2. Первая советская гравитационная конференция .....	52
2.2.1. Актуальные проблемы отечественных исследований по гравитации .....	53
2.2.2. Новое поколение физиков-гравитационистов .....	56
2.3. Координация научно-исследовательских работ по гравитации .....	58
2.3.1. Создание комиссии по гравитации при НТС Минвуза СССР .....	58
2.3.2. Деятельность секции гравитации .....	60

<b>Глава 3. Международные гравитационные конференции</b> . . . . .	<b>65</b>
3.1. Третья международная конференция в Варшаве . . . . .	65
3.1.1. Наиболее важная международная конференция по гравитации . . . . .	65
3.1.2. Позиции ветеранов исследований по гравитации . . . . .	69
3.1.3. Взгляды на гравитацию ряда ведущих зарубежных физиков-релятивистов . . . . .	72
3.1.4. Отношение П. Дирака к общей теории относительности . . . . .	76
3.1.5. Взгляды Фейнмана на теорию гравитации . . . . .	79
3.2. Четвертая международная конференция в Лондоне . . . . .	84
3.3. Пятая международная гравитационная конференция в Тбилиси . . . . .	87
3.4. Международная гравитационная конференция в Копенгагене . . . . .	91
<b>Глава 4. В центре отечественных исследований по гравитации</b> . . . . .	<b>97</b>
4.1. В группе профессора Д. Д. Иваненко . . . . .	98
4.1.1. Научная деятельность в группе Д. Д. Иваненко . . . . .	98
4.1.2. Штрихи к портрету профессора Д. Д. Иваненко . . . . .	104
4.1.3. Кафедра теоретической физики физфака МГУ . . . . .	109
4.1.4. Штрихи к портрету профессора А. А. Соколова . . . . .	112
4.1.5. На симпозиумах и школах по теории гравитации . . . . .	115
4.2. На семинарах профессора Д. Д. Иваненко . . . . .	118
4.2.1. Спектр обсуждавшихся проблем . . . . .	118
4.2.2. Дискуссионные проблемы на семинаре Д. Д. Иваненко . . . . .	123
4.3. «Изобретатели» . . . . .	127
4.3.1. Патологический случай . . . . .	128
4.3.2. О чем пишут «изобретатели» . . . . .	129
4.3.3. О явлении «изобретательства» в фундаментальной физике . . . . .	132
<b>Глава 5. По пути фундаментальных проблем</b> . . . . .	<b>134</b>
5.1. Сверхзадача . . . . .	134
5.2. Проблема квантования гравитации . . . . .	136
5.2.1. Гравитационные трансмутации . . . . .	137
5.2.2. Зачем квантовать гравитацию? . . . . .	139
5.2.3. Математические трудности и варианты решений проблемы . . . . .	141
5.2.4. Состояние проблемы квантования гравитации . . . . .	142

5.3. Аксиоматика геометрии . . . . .	143
5.3.1. Надежды на аксиоматику . . . . .	144
5.3.2. Коллеги по занятиям аксиоматикой . . . . .	145
5.4. Системы отсчета в теории гравитации . . . . .	149
5.4.1. Фундаментальная роль систем отсчета . . . . .	150
5.4.2. История согласований с Зельмановым . . . . .	152
5.4.3. Развитие идей монадного метода . . . . .	154
5.5. Развитие идей многомерия . . . . .	156
<b>Глава 6. Позиции и горизонты ожиданий отечественных физиков-гравитационистов . . . . .</b>	<b>162</b>
6.1. Академик В. А. Фок . . . . .	163
6.1.1. В. А. Фок о сущности общей теории относительности . . . . .	163
6.1.2. Штрихи к портрету В. А. Фока . . . . .	167
6.2. Абрам Леонидович Зельманов . . . . .	168
6.2.1. Взгляды Зельманова на ОТО и пространство-время . . . . .	169
6.2.2. Штрихи к портрету А. Л. Зельманова . . . . .	172
6.3. Профессор М. Ф. Широков . . . . .	174
6.4. Кирилл Петрович и его команда . . . . .	176
6.4.1. Идеи профессора К. П. Станюковича . . . . .	176
6.4.2. Команда Кирилла Петровича . . . . .	179
6.5. Профессор Я. П. Терлецкий . . . . .	181
6.6. А. Д. Сахаров и другие академики в гравитации . . . . .	184
6.7. Профессор А. З. Петров . . . . .	187
6.7.1. Научные взгляды А. З. Петрова . . . . .	187
6.7.2. Казанская гравитационная группа . . . . .	191
6.8. Белорусские гравитационисты . . . . .	194
6.8.1. Профессор А. Е. Левашев . . . . .	194
6.8.2. Ольга Семеновна Иваницкая . . . . .	196
6.9. Очаги гравитационных исследований в стране . . . . .	198
<b>Глава 7. Главные предсказания общей теории относительности . . . . .</b>	<b>200</b>
7.1. Пространство-время вблизи гравитирующих источников . . . . .	201
7.1.1. Островные решения уравнений Эйнштейна . . . . .	201
7.1.2. Гипотеза черных дыр . . . . .	203
7.2. Космология . . . . .	206
7.2.1. Космологические решения уравнений Эйнштейна . . . . .	206
7.2.2. Метафизический реализм в вопросах космологии . . . . .	209
7.3. Гравитационные волны . . . . .	213
7.3.1. Эксперименты Дж. Вебера . . . . .	213

7.3.2. Результаты эксперимента Брагинского . . . . .	217
7.3.3. Судьба «открытия» гравитационных волн . . . . .	220
<b>Глава 8. Геометрическое миропонимание и метафизика . . . . .</b>	<b>222</b>
8.1. Что такое гравитация? . . . . .	223
8.1.1. А. З. Петров: гравитация — особый вид материи . . . . .	223
8.1.2. М. Ф. Широков: гравитация — это форма существования материи . . . . .	225
8.1.3. Д. Д. Иваненко: гравитация — частично материя, частично форма существования материи . . . . .	228
8.1.4. Некоторые выводы . . . . .	231
8.2. Метафизический анализ геометрического миропонимания . . . . .	233
8.2.1. Метафизическая тринитарность вместо дихотомии . . . . .	233
8.2.2. Геометрическая парадигма . . . . .	235
8.3. Геометрическое миропонимание и идеализм . . . . .	236
<b>Заключение . . . . .</b>	<b>240</b>
<b>Основная литература . . . . .</b>	<b>243</b>

## От издательства

### *Ради будущего*

*Нам не дано предугадать,  
Как слово наше отзовется...*

Ф. А. Тютчев

Книга, которую Вы держите в руках, выходит в серии «Наука в СССР: Через тернии к звездам». Первые книги этой серии, в частности посвященные жизни, творчеству и соратникам Л. Д. Ландау, вызвали множество откликов, бурные дискуссии. Одни читатели благодарили нас за подробный, весьма объективный и документированный рассказ о выдающихся советских ученых, об их достижениях, проблемах, судьбах. Другие упрекали в упоминании подробностей личной жизни, говорили о нежелательности обсуждения многих вопросов, касающихся выдающейся научной школы. Третьи считали, что советская действительность была совсем иной, отличной от того образа, который возникает после прочтения этих книг.

Тем не менее, отдавая себе отчет в будущих восторженных отзывах и яростных упреках, мы продолжаем публикацию таких работ. На это у нас есть несколько причин.

Издательство URSS ставит своей целью познакомить широкую аудиторию с достижениями науки, с работами зарубежных, советских и российских ученых, с научной классикой, с лучшими научно-популярными работами. Но наука — это не только новые знания, новые возможности и осознание ограничений, это часть жизни общества, это работа институтов, научных школ, «незримого колледжа», это судьбы творцов. И без обсуждения этой части реальности картина будет неполной и необъективной. Тем более что во многих случаях прошлое может дать опору, увидеть проблемы, которые ждут впереди, осмыслить опыт и уберечь от ошибок.

Одно из самых ярких событий XX века — становление, расцвет и трагическая гибель советской цивилизации. *Цивилизации, предложившей миру новый тип жизнеустройства, пытавшийся отказаться от вечного исторического проклятия жадности, властолюбия, порабощения и практически воплотить идеалы свободы, равенства, братства.* В истории этой цивилизации наука занимает особое место. Именно она позволила предложить большой проект народам Советского Союза и обеспечить его реализацию. Науке уделялось огромное внимание в СССР, ее авторитет в обществе был очень велик. Ничего похожего в других странах не было и нет.

Советская цивилизация создала, вырастила, развила великую науку. И ее достижения грандиозны — от прорыва в космос и освоения тайн атомного ядра до создания удивительной, оригинальной математической школы. В 1960-х гг. на одном только механико-математическом факультете МГУ работало около 400 спецсеминаров. Страна строила свое будущее на основе знания. Слова песни: «Здравствуй, страна героев, страна мечтателей, страна ученых...» воспринимались в 1970-х гг. не как лозунг или благое пожелание, а как очевидная реальность.

Взлет советской системы образования опередил, а затем и определил мировые тенденции в подготовке кадров ученых и инженеров. Сейчас воспоминания тех, кто учил и учился полвека назад в Московском физико-техническом институте — детище и символе советской эпохи, — воспринимаются как светлая сказка. Подобных возможностей для самореализации, такой научной романтики в других странах не было.

О состоянии и перспективах советской науки можно судить по тому, что тогда писалось, публиковалось и переводилось, и какими тиражами издавалось. Это было ориентиром для всего мира и, в частности, для нашего издательства. (Первоначально научное издательство URSS мыслилось как организация для перевода и публикации выдающихся советских учебников для испаноязычного мира.)

СССР был научной сверхдержавой (место российской науки в стране и мире значительно скромнее), и именно поэтому воспоминания о советской науке представляют особый интерес. Важно понять, как строилась советская наука, с какими проблемами сталкивались ее творцы, какие успехи и неудачи были на этом пути. И здесь важны не только исторические исследования, но и воспоминания, позволяющие через призму отдельных судеб увидеть смысл, дух и величие эпохи, ткань той реальности.

Проблем и трудностей, трагических страниц в истории советской цивилизации и науки хватало. И это неудивительно. Прошлое человечества с его императивом «каждый за себя, один Бог за всех» отчаянно борется с будущим. Борется в душах людей. Пока «Я» побеждает «Мы». Но то же самое происходило при становлении христианства и других мировых религий. За первым взлетом следовал откат. И только потом смыслы, ценности, жизненные стратегии захватывают сознание общества, создают «нового человека».

На этом рубеже новая цивилизация очень хрупка. Перерождение элиты — путь вниз, к накопительству, индивидуализму, упрощению — может остановить проект, который близок и дорог сотням миллионов. Именно это и произошло с СССР. Общество не имело иммунитета против предательства верхушки...

Воспоминания и размышления об истории предлагают свободу выбора материала и трактовки со своей точки зрения. «Это — субъективная книга. Моя задача — дать читателю общее представление, скорее впечатление, чем знание. Это называется импрессионизмом. А импрессионистов нельзя упрекать за отсутствие детального рисунка», — пишет известный биолог С. Э. Шноль в своей книге такого жанра<sup>1</sup>.

Это право автора. Право редакции — обратить внимание читателей на ограничения, присущие этому жанру, связанному субъективным, вольным обсуждением судеб ученых.

Приведем вкратце характеристики этих ограничений, барьеров, с которыми мы столкнулись, формируя данную серию.

## Барьер отсутствия выбора

Человек живет не только в рациональной, но также и в эмоциональной и интуитивной сферах. Нам очень хотелось убедить выдающегося специалиста по междисциплинарным исследованиям профессора Д. С. Чернавского (известного пионерскими работами в ядерной физике, биофизике и математической экономике) написать

<sup>1</sup> См.: Шноль С. Э. Герои, злодеи, конформисты отечественной науки. М.: Книжный дом «Либроком»/URSS, 2010. 768 с.

воспоминания о своей жизни в науке. Д. С. Чернавский был знаком с Л. Д. Ландау, Е. М. Таммом, Я. Б. Зельдовичем, сидел за одним столом с А. Д. Сахаровым, работал и общался со многими выдающимися исследователями. Ответ его был таков: «Я видел обычных людей, с их слабостями и величием, с их широтой и ограниченностью. И это проявлялось в конкретных деталях, проблемах, эпизодах, часто довольно скучноватых. Но разве это нужно читателю?! Ему нужны шекспировские страсти, что-то вроде: „Герои и злодеи“<sup>2</sup> или „Гении и прохиндеи“<sup>3</sup>. А я знал обычных людей, а назови книгу „Ученые среднего, полусреднего и повышенного уровня“, то кто же ее будет читать?»

Научную книгу или учебник можно выбрать из нескольких, остановившись на наиболее удачной. С воспоминаниями иначе. Есть то, что есть. Другие люди об этом не написали. Печатать надо то, что есть. Тут уместна известная фраза И. В. Сталина: «Других писателей у меня для вас нет».

### Барьер поляризации оценок

Классиком жанра вольно рассказываемых биографий является Плутарх. Именно нравственные уроки, преподаваемые выдающимися делами деятелей Античности, по его мысли, должны были дать опору и пример будущим поколениям полководцев, философов, ораторов, государственных деятелей. Перелистывая страницы этой замечательной книги<sup>4</sup>, видишь, насколько многогранно и бережно прорисована каждая историческая личность.

Человек сложен и противоречив. Это трудно принять. Не укладывается в голове, как мог великий математик XX века Джон фон Нейман, участвовавший в ядерном проекте, предлагать сбросить атомную бомбу на Токио и Киото. Удивительно, как кумиры шестидесятников, певцы духовности и интеллигентности в 1993 году публично объясняли, что «тупые негодяи уважают только силу» и призывали «признать нелегитимными не только съезд народных депутатов, Верховный Совет, но и все образованные ими органы (в том числе и Конституционный суд)»<sup>5</sup>.

Но все можно «упростить», назначив одних гениями, других злодеями, третьих конформистами (детишки в нескольких продвинутых школах очень любили делить своих одноклассников: ты — гений, Петька — талант, Сашка — посредственность). Сдается, что это, характерное для множества воспоминаний, «приближение» слишком грубое. Конечно, можно одних назначить в Джордано Бруно, других в Галилеи, но обычно это оказывается слишком далеким от реальности и неконструктивным. Но, конечно, и такой взгляд имеет право на существование.

### Классовый барьер

Человек принадлежит к конкретной социальной группе. И зачастую считает именно ее самой важной, лучшей и главной. Для человека удобно высоко оценивать свою профессию, свой выбор. Но очень важно видеть при этом, что и другие люди с не меньшим правом могут претендовать на приоритетность и главенство (например, некоторые олигархи искренне полагают, что «они всех кормят», а жулики считают, что они, как «санитары леса», «наказывают лохов»). И логические доводы здесь бессильны. Естественно, то же относится и к интеллигенции. «Романтиче-

<sup>2</sup> Шноль С. Э. Герои, злодеи, конформисты отечественной науки.

<sup>3</sup> Бушин В. С. Гении и прохиндеи. М.: Алгоритм, 2004. 512 с.

<sup>4</sup> Плутарх. Избранные жизнеописания: В 2 т. Пер. с древнегреч. М.: Правда, 1990.

<sup>5</sup> Известия. 1993. 5 окт.

ская интеллигенция — бесценная часть общества. Самоотверженность и бескорыстность действительно необходимы человечеству в трудные периоды его жизни... бескорыстные романтические альтруисты, без сомнения самые лучшие люди. Беда лишь в том, что „народные массы“ руководствуются в повседневной жизни не высокими идеями, а прозаическими эгоистическими потребностями», — пишет С. Э. Шноль. Очевидно, этот «классовый фильтр» — еще один барьер в восприятии и описании реальности, который читателям приходится принимать во внимание.

О национальном факторе и упоминать страшно. Нет ни одной национальности, представители которой не могли бы с фактами в руках доказать, как жестоко были обойдены и ущемлены, и как обласканы были другие.

### Барьер «мы и они»

Конечно, «мы» и «наши» — хорошие, честные, благородные и прогрессивные. А «они» плохие. «Они», в зависимости от воспоминаний, это «свирепая фракция», «партийные функционеры», «КГБ», «преступный репрессивный режим сталинского времени», «Академия наук — воплощение партийно-государственного регулирования и подавления свободной мысли». Такой взгляд естественен для атомизированного, капиталистического общества, в котором индивидуализм лежит в основе мировоззрения. И это тоже жизненная позиция — конечно же, во всем виноваты «они».

Понятно, что при таком отношении к *своему* обществу и к *своему* народу, к *своей* цивилизации из беды не выбраться.

10 В одном интервью на вопрос о том, каков его счет к советской власти, заставившей немало времени провести в лагерях, Лев Николаевич Гумилев ответил, что его судьба — заслуга его коллег-ученых, и напомнил французскую поговорку: «Предают только свои». Наверное, он тоже в чем-то прав...

### Барьер сведения счетов с прошлым

У каждой семьи своя история, свои взлеты и трагические страницы. И, конечно, велик соблазн «отомстить прошлому», станцевать на шкуре убитого медведя. Антисоветизм и антикоммунизм сейчас очень популярен во многих воспоминаниях, которые мы видим в редакции. Более того, это позволяет обвинять прошлое во всех смертных грехах и не принимать близко к сердцу то, что творится с Россией, ее бывшими союзными республиками и наукой сейчас.

Для ученого наука — смысл и цель жизни. Для общества — инструмент, помогающий защищать, лечить, учить, обустроить свою реальность, заглядывать в будущее. И когда общество и государство это делает, то возникает потребность в науке. Президент АН СССР академик М. В. Келдыш считал, что будущее советской науки — это дальний космос. Но космос — это огромная отрасль, на которую в советские времена работало более 1500 предприятий, около 1 миллиона человек. И это настоящая наука, которая была создана в СССР, а не писание и получение грантов. Россия более 16 лет не имеет ни одного аппарата в дальнем космосе... Академик Д. А. Варшалавич, получивший в 2009 году Государственную премию РФ из рук Д. А. Медведева за успехи в космических исследованиях, сравнил нынешние достижения российских специалистов с игрой дворовой футбольной команды на фоне уровня и успехов творцов советской эпохи.

Поэтому слышать от ученых, что возможна великая наука без великой страны, упования на Джорджа Сороса и других меценатов, по меньшей мере странно...

## Барьер исполненного желания

Народная мудрость гласит, что самым тяжелым наказанием за многие желания является их исполнение. И во многих воспоминаниях это чувствуется. 1980-е годы. Перестройка. Среди «прорабов перестройки», ее символов — академики Лихачев, Сахаров, Аганбегян, Петраков, Заславская. Ученые и интеллигенция идут во власть. Исполнение желаний шестидесятников о «власти с человеческим лицом». Все можно читать, критиковать, публиковать. Младшие научные сотрудники и завлабы занимают министерские кабинеты. Вот он, казалось бы, звездный час российской интеллигенции... Тогда не верили тем, кто говорил, что разбитое корыто совсем близко, что войны, кровь, поломанные судьбы не за горами. Что же остается? По-черномырдински толковать, что хотели как лучше, а получилось как всегда, сетовать на то, что народ не приспособленный к перестройке и демократии попался, или опять валить все на свирепых большевиков...

## Барьер масштаба

Одно из важнейших эволюционных приспособлений человека — способность выработать мировоззрение, самому судить о событиях разных масштабов и разной природы. Однако глубина и ясность этих суждений в разных областях у человека различны. В воспоминаниях о науке это проявляется с полной очевидностью. Дело в том, что наука очень разнообразна. Этим словом мы называем и многолетнюю работу одного человека по доказательству теоремы, и научное руководство многотысячным коллективом (вспомним эксперименты в области физики элементарных частиц). Ученые отличаются и по типу деятельности — «геологи», ищущие принципиально новые возможности и зачастую терпящие неудачу, и «ювелиры» (по выражению С. Э. Шноля), занимающиеся огранкой «научных алмазов», месторождения которых было найдены геологами порой несколько десятилетий, а то и веков назад. Воспоминания часто касаются деятельности выдающихся или великих исследователей. Немногие великие могли, как Пуанкаре или Леонардо да Винчи, подробно рассказать о рождении и развитии своей идеи. Поэтому авторам приходится домысливать, додумывать, опираясь на свой опыт и интуицию, которые порой подводят. Наконец, гуманитарные и естественные науки отличаются очень сильно и стилем мышления, и логикой, и самим пониманием, что же такое научный результат. Поэтому от взявшихся за научные мемуары или рассказы требуется большая смелость.

## Барьер известного ответа

Его идеально точно выразил учитель истории в известном и любимом советском фильме «Доживем до понедельника», комментируя ответ ученика: «Этот недопонял, тот недооценил... кажется, в истории орудовала компания двоечников». И со школьных времен известно, что тому, кто знает готовый ответ задачи, товарищи, которые трудятся над этой задачей, часто кажутся простоватыми и недалекими.

Это болезнь многих мемуаров, авторы которых точно знают «как надо», не очень представляя, между какими же альтернативами делался выбор. Для многих книг серии «Жизнь замечательных людей» и ряда современных работ о войне это просто беда. Автор, не сумевший получить начальной военной подготовки, с легкостью рассуждает, как надо было командовать фронтом или, на худой конец, армией. Впрочем, об этом барьере прекрасно сказал великий Шота Руставели: «Каждый мнит себя героем, видя бой со стороны». Тем не менее ряду замечательных авторов удается взять и этот барьер.

Несмотря на все это, мы продолжаем издание серии «Наука в СССР: Через тернии к звездам». Мы думаем, что обсуждение проблем прошлого поможет разобраться в происходящем, увидеть причины и пути выхода из кризиса, в котором оказался весь мир, и особенно Россия. И неизбежная полемика, столкновение взглядов здесь только поможет. Ведь самая тяжелая участь для цивилизации и науки — забвение.

На физическом факультете МГУ в 1980-х гг. (именно в это время на физфаке учились основатели издательства URSS) была популярна песня «Диалог у новогодней елки» на стихи Юрия Левитанского. Там есть такие строчки:

- *Вы полагаете, все это будет носиться?*
- *Я полагаю, что все это следует шить.*
- *Следует шить, ибо сколько выюгё ни кружить,  
Недолговечны ее кабала и опала...*

Эти слова о многом. И о нашей серии тоже.

Однако наша главная цель — будущее. Мы надеемся и верим, что Россия встанет с колен. И тогда ей понадобится настоящая наука, а не ее имитация. Тогда руководители, инженеры, сами ученые будут озабочены тем, как отстроить новое здание отечественной науки. Нам хочется верить, что авторы, анализирующие уроки прошлого, не останутся сторонними наблюдателями современных событий, и найдут время, силы и отвагу, чтобы рассказать об актуальном состоянии науки, о проблемах, не решаемых в настоящее время. Ничтожный объем финансирования, «неэффективное» использование средств, предназначенных для научных исследований и разработок, и, как следствие, «утечка мозгов», выпадение нескольких поколений из научной жизни, разрыв в преемственности исследовательских школ — вот лишь неполный перечень существующих на данное время проблем.

И крайне важно вскрывать эти проблемы по горячим следам, предлагать решения в реальном времени, не дожидаясь, когда настоящее станет историей, и останется только с горечью сожалеть, как неправильно и несправедливо складывались события. Надеемся, что книги нашей серии помогут осмыслить историю отечественной науки и вдохновят авторов на анализ современного состояния этой прекрасной, могучей и величайшей сферы человеческой деятельности. И если у кого-то из них на полке окажется книга этой серии, если она кому-то поможет избежать былых ошибок и подскажет путь в будущее, то мы будем считать свою задачу выполненной.

# Предисловие

*Теория относительности являет собой прекрасный пример современного развития фундаментальной теории. Исходные гипотезы становятся все более абстрактными, все более далекими от ощущений. Но зато мы все ближе подходим к важнейшей цели науки — из наименьшего числа гипотез или аксиом логически получить дедуктивным путем максимум реальных результатов. При этом мысленный путь от аксиом к осязаемым результатам или проверяемым следствиям становится все длиннее, все утонченнее. Теоретику все больше приходится руководствоваться при поисках теорий чисто математическими, формальными соображениями, поскольку физический опыт экспериментатора не дает возможности подняться прямо к сферам высочайшей абстракции<sup>1</sup>.*

А. Эйнштейн

Эта книга — итог многолетних размышлений физика-теоретика о фундаментальных проблемах, издавна стоявших перед наукой, включая вопросы, которые традиционно входили в сферу религии и философии, а сегодня рассматриваются теоретической физикой. Словом, здесь речь пойдет о природе пространства-времени, о его ключевых свойствах (размерности, метрике, сигнатуре и т. д.), о гипотезах происхождения и эволюции мира, о построении единой теории взаимодействий, о соотношении науки, философии и религии.

Если принять определение метафизики как ядра философии, то можно утверждать, что современная фундаментальная теоретическая физика все более приближается к метафизике. Этим объясняется название книги — «Между физикой и метафизикой», — которое позволяет, с одной стороны, рассмотреть научные проблемы, а с другой — раскрыть тесную связь принципов фундаментальной физики с идеологией и социальной жизнью.

XX век — это не только создание и освоение принципов теории относительности (как специальной, так и общей) и квантовой теории, но и новые открытия в физике элементарных частиц и многочисленные попытки еще глубже проникнуть в суть природы классического пространства-времени и физики микромира.

На страницах этой книги читателя ждет разговор о научном наследии великих мыслителей прошлого (Вильяма Клиффорда, Эрнста Маха, Альберта Эйнштейна, Теодора Калуцы и др.) и создателей современной

---

<sup>1</sup> Эйнштейн А. Собрание научных трудов: В 4 т. М.: Наука, 1966. Т. 2. С. 280.

фундаментальной физики, с которыми автору довелось встречаться и которые оказали на него большое влияние (Нильс Бор, Поль Дирак, Ричард Фейнман, Джон Уилер, Лев Давидович Ландау, Владимир Александрович Фок, Андрей Дмитриевич Сахаров). Значительное место также занимают воспоминания о замечательной плеяде ученых, работавших на физическом факультете Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова во второй половине 50-х годов. Это академик Л. Д. Ландау, профессор Д. Д. Иваненко, профессор М. Ф. Широков, профессор А. А. Власов, академик М. А. Марков, доцент А. Л. Зельманов и другие. Здесь же речь пойдет о целом ряде талантливых и неординарно мыслящих коллег, среди которых хочется назвать В. И. Родичева, Н. В. Мицкевича, А. Е. Левашева, Ф. И. Федорова, В. Я. Скоробогатько, Ю. И. Кулакова, Р. И. Пименова и Г. В. Рязанова.

Таким образом, настоящее издание, с одной стороны, представляет собой авторское изложение процесса развития фундаментальной теоретической физики, а с другой — метафизический анализ ее проблематики<sup>2</sup>.

Первая из четырех книг под общим названием «Между физикой и метафизикой» охватывает период с начала XX века до 60-х годов. Основное внимание в ней сфокусировано на проблеме несоответствия принципов фундаментальной теоретической физики основным положениям марксистско-ленинского диалектического материализма. Это и определило ее название — «Диамату вопреки».

14 Во второй книге «По пути Клиффорда—Эйнштейна» речь идет о развитии эйнштейновской теории гравитации после официального признания ее важности в Советском Союзе. Первоначально предполагалось, что в ней найдет отражение период с 60-х до начала 90-х годов XX века. Но, следуя рекомендации издательства разбить большой по объему материал на две части, было решено во второй книге ограничиться периодом с 60-х до начала 70-х годов, а третий выпуск «Геометрическая парадигма: испытание временем» посвятить развитию геометрических идей в физике в 70–80-е годы.

Четвертая книга — «Вслед за Лейбницем и Махом» (ранее намечавшейся третьей) — посвящена развитию идей концепции дальнего действия и реляционного подхода к геометрии и физике, сформулированных главным образом в трудах Г. Лейбница и Э. Маха. В XX веке в русле этого направления работали А. Фоккер, Р. Фейнман, Я. И. Френкель, Ф. Хойл и другие.

В заключение хотелось бы поблагодарить рецензента доктора физико-математических наук, профессора Вл. П. Визгина за сделанные им замечания. Особую благодарность приношу редактору книги доктору филологических наук, профессору Т. Е. Владимировой за проделанную работу, которая способствовала ее улучшению.

---

<sup>2</sup> Занимаясь с начала 60-х годов проблемами общей теории относительности, ее обобщений и пограничных с ОТО разделов фундаментальной теоретической физики, автор принимал непосредственное участие в работе секции гравитации научно-технического совета Минвуза СССР. Представленный в книге материал, естественно, изложен, исходя из позиций и взглядов автора, т. е. в его «системе отсчета».

# Введение

Шестидесятые годы прошлого века прошли для отечественной и мировой фундаментальной теоретической физики под знаком интенсивного анализа возможностей общей теории относительности и ее оснований. Данная теория, как известно, обладает сравнительно слабой экспериментальной базой, поэтому физикам пришлось опираться в своих исследованиях на соображения логического или общепhilosophического характера. В результате это направление физических исследований оказалось тесно связанным с философией, точнее, с метафизикой, являющейся «теоретическим ядром философии».

Занимаясь в группе профессора Д. Д. Иваненко проблемой квантования гравитации, которая понималась как совмещение принципов общей теории относительности и квантовой теории поля, пришлось разбираться в сути классических пространственно-временных представлений, закономерностей физики микромира и вообще в основаниях всей современной физики. Необходимо было проанализировать выдвигавшиеся тогда идеи, гипотезы и исследовательские программы.

В заключительной главе предыдущей книги представлены итоги этой работы. В самом общем виде они состоят в том, что в фундаментальной теоретической физике второй половины XX века отчетливо заявили о себе главные метафизические принципы, которые проявляются также в математике, философии, политике и религии. Это принципы тринитарности (троичности или триединства), фрактальности, дополнительности и некоторые другие.

В соответствии с первым из названных принципов были выделены три ключевые физические категории: пространство-время, частицы и поля переносчиков взаимодействий, которые лежат в основании всех физических теорий и исследовательских программ. Характерной чертой этого периода развития физики явился переход от названных трех физических категорий к двум обобщенным. Простейшие варианты состояли в замене пары исходных категорий на одну новую, обобщенную, при сохранении оставшейся. Поскольку таких возможностей три, то развивавшиеся физические теории распределились по трем дуалистическим физическим парадигмам: теоретико-полевой, доминировавшей в теоретической физике XX века, геометрической, в основе которой лежит эйнштейновская общая теория относительности, и реляционной, опирающейся на концепцию дальнего действия.

В первой книге основное внимание было сосредоточено на развитии в нашей стране теоретико-полевой парадигмы. В соответствующей ей

квантовой теории поля объединялись категории частиц и полей переносчиков взаимодействий в одну новую, обобщенную, категорию поля амплитуды вероятности, а категория пространства-времени оставалась прежней. (Именно на фоне априорно заданного пространства-времени определяется поле амплитуды вероятности.) Особое место здесь занял рассказ о восприятии квантовой теории отечественными физиками и о резко отрицательном отношении к ней идеологов марксистско-ленинского диалектического материализма, о вынужденном признании квантовой теории в нашей стране и, наконец, о триумфальной встрече в Москве Нильса Бора.

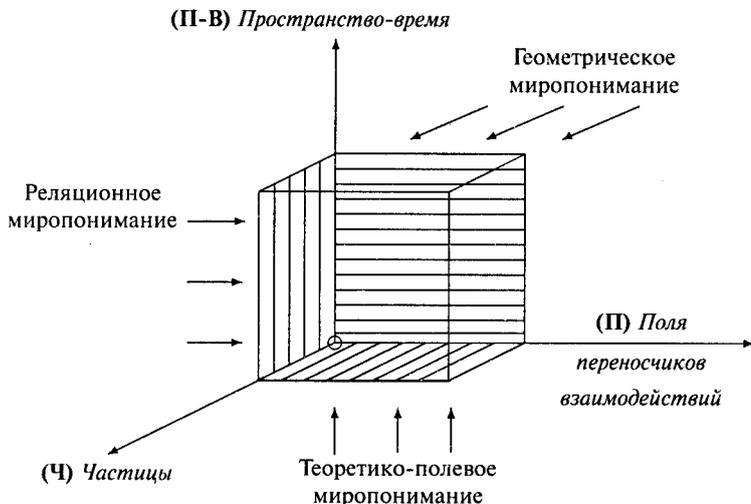
В данной, второй, книге излагается развитие фундаментальной физики в рамках второй из названных метафизических парадигм — геометрической. В ее основе лежит общая теория относительности, открытие которой в начале XX века означало появление новой метафизической парадигмы, в которой поля переносчиков взаимодействий (прежде всего, гравитационное, затем электромагнитное и иные) уже являются не самостоятельными понятиями (отдельной категорией), вносимыми извне в априорное пространство-время, а проявляются в виде геометрических свойств искривленного (закрученного, многомерного и т. д.) пространства-времени. Третья категория, — категория частиц, — учитывается правой частью уравнений Эйнштейна. Этот подход к физической реальности, названный *геометрическим миропониманием*, принципиально отличен от теоретико-полевого миропонимания. В нем используются особые понятия, ставятся свои специфические задачи, которые решаются характерными для данного подхода геометрическими методами.

Гравитационное взаимодействие оказалось первым, которое удалось связать с геометрией (с метрикой), и вслед за ним наступила очередь геометризации других взаимодействий, прежде всего, электромагнитного. Вместе с рождением геометрического подхода к физике была открыта новая эра в истории учения о пространстве-времени и о природе физических взаимодействий.

С созданием общей теории относительности некоторые философские и религиозные (точнее, богословские) проблемы стали предметом изучения физики. Среди них следует назвать вопросы конечности или бесконечности мира, его начала и конца, эволюции и многие другие. Качественно изменилось и место физики среди других разделов науки и культуры: философии, математики, религии.

Третья дуалистическая парадигма — реляционная, — основана на введении обобщенной категории, заменяющей исходные категории частиц (тел) и пространства-времени. Теории этой парадигмы развиваются на основе концепции дальнего действия, альтернативной концепции ближнего действия, используемой в теоретико-полевой и геометрической парадигмах.

Изложенную классификацию можно наглядно представить в виде куба физической реальности, построенного на трех осях, соответствующих трем исходным физическим категориям: (П-В) пространства-времени, (Ч) частиц (тел) и (П) полей переносчиков взаимодействий (см. рис. 1).



**Рис. 1.** Куб физического мироздания, построенный на трех метафизических категориях

Переход от этих категорий к обобщенным, заменяющим пары исходных, на рисунке отображается гранями куба, а сами три дуалистические парадигмы интерпретируются как видения одного и того же куба физической реальности под тремя взаимно ортогональными углами зрения (со сторон соответствующих им обобщенных категорий — граней).

После официального признания значимости исследований в области общей теории относительности это направление получило государственную поддержку. В 1961 году состоялась 1-я Советская гравитационная конференция в Москве (на базе физического факультета МГУ), а в следующем году образована гравитационная комиссия при научно-техническом совете Министерства высшего и среднего специального образования СССР. (Заметим, что в те годы у нас были невозможны какие-либо масштабные исследования без ведома академии наук, министерства или какого-либо иного государственного ведомства.) В задачу комиссии по гравитации, а затем секции гравитации входила координация исследований в области общей теории относительности и гравитации в масштабе всей страны. Так возникло сообщество физиков-гравитационистов, существующее, правда, в иной форме по настоящее время.

В работе отечественного гравитационного сообщества, действовавшего под эгидой секции гравитации Минвуза СССР, можно выделить три периода. Первый — продолжался со времени начала подготовки 1-й Советской гравитационной конференции, т. е. с 1960 года, до середины 1972 года, когда секцию возглавляли профессора Д. Д. Иваненко и А. З. Петров. Второй период длился с 1972 года по 1984 год, когда председателем гравитационного сообщества был профессор А. А. Соколов. Затем его возглавил

академик А. А. Логунов, при котором в самом начале 1989 года секция прекратила существование. Предвидя такой исход, его члены осенью 1988 года создали на общественных началах Всесоюзное гравитационное общество.

Наиболее насыщенным и плодотворным был первый из названных периодов, когда в нашей отечественной науке фактически был осуществлен прорыв в новую сферу фундаментальной теоретической физики. А всякий прорыв в науке, как известно, не может длиться долго: примерно от пяти до десяти — двенадцати лет. И это время пришлось на годы работы секции под руководством А. З. Петрова и Д. Д. Иваненко. Именно этому периоду деятельности гравитационного сообщества в СССР и посвящена данная книга. В следующей книге этой серии речь пойдет о периоде стабилизации в застойные годы и, наконец, о периоде тенденций отказа от геометрических идей.

Основные трудности общей теории относительности и ее возможных обобщений стали очевидными при рассмотрении вопросов, граничащих с физикой микромира. Однако, таковыми являются не только проблема квантования гравитации, но и проблемы гравитационных волн, законов сохранения в ОТО, трактовка сингулярностей в космологии и гравитационного радиуса (в частности, проблемы черных дыр) и т. д. Все названные проблемы так или иначе выводят на обсуждение природы гравитационных взаимодействий и далее в сферу метафизики.

18 Важно отметить, что сущность проблем, возникающих в рамках той или иной парадигмы, а также пределы ее применимости, трудно понять, оставаясь в ее границах. Всегда необходимо на них взглянуть как бы со стороны, т. е. с позиций иной парадигмы. Казалось бы, так должно обстоять дело и с проблемами геометрической парадигмы. Однако, оказалось, что параллельное существование двух широко используемых парадигм — теоретико-полевой и геометрической — приводит к появлению дополнительных трудностей, связанных со смешением их понятий и принципов. По мнению автора, распутать клубок сложившихся проблем может помочь учет третьей дуалистической парадигмы — реляционной.

В заключительной части книги еще раз поднимается вопрос о тесной связи между философскими системами и программами фундаментальной теоретической физики. В обеих сферах культуры имеют место схожие метафизические парадигмы, между которыми устанавливается естественное соответствие. В этом отношении идеологи марксистско-ленинского диалектического материализма были правы, причисляя общую теорию относительности и все исследования в рамках геометрической парадигмы к идеализму. Но это не оправдывает негативного отношения к данному направлению исследований, поскольку идеалистическая философия представляет собой одну из трех сторон философского мировосприятия. Достаточно полное представление о физической реальности может быть получено только при учете принципа дополненности, т. е. на основе достижений, полученных в рамках всех трех дуалистических парадигм.

## Глава 1

# Геометрическая картина мира

*Изменение кривизны пространства — это то, что в действительности происходит при том явлении, которое мы называем движением материи, как весомой, так и эфира; что в физическом мире не имеет места ничего, кроме этого изменения, подчиняющегося (возможно) закону непрерывности<sup>1</sup>.*

В. Клиффорд

*Правая часть (уравнений Эйнштейна. — Ю. В.) включает в себя все то, что не может быть пока объединено в единой теории поля. Конечно, я ни одной минуты не сомневался в том, что такая формулировка есть только временный выход из положения, предпринятый с целью дать общему принципу относительности какое-то замкнутое выражение. Эта формулировка была ведь по существу не более чем теорией поля тяготения, несколько искусственно оторванного от единого поля еще неизвестной структуры<sup>2</sup>.*

А. Эйнштейн

*Пространство-время не есть арена для физики, это вся классическая физика<sup>3</sup>.*

Дж. Уилер

В этой главе рассматриваются истоки геометрической картины мира с древнейших времен до первой половины XX века. Особое внимание здесь уделяется тем предварительным идеям, которые затем воплотились в общей теории относительности и в ее обобщениях, процессу ее непосредственного создания, а также анализу перспектив всеобщей геометризации физики, как ее представляли себе творцы этой парадигмы: В. Клиффорд, А. Эйнштейн, Д. Гильберт, Г. Вейль, А. Эддингтон, Дж. Уилер и другие.

---

<sup>1</sup> Клиффорд В. О пространственной теории материи // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С. 36.

<sup>2</sup> Эйнштейн А. Автобиографические заметки // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 286.

<sup>3</sup> Уилер Дж. Гравитация, нейтрино и Вселенная. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1962. С. 334.

## 1.1. Истоки геометрического подхода к физике

Трудно назвать истоки геометрического миропонимания. Но некоторые намеки на него можно усмотреть во взглядах Аристотеля, отрицавшего существование пустоты и не допускавшего понимания места как пустого промежутка между телами, которое было свойственно атомистам. Согласно Аристотелю, место всегда заполнено какой-то средой, а всякое перемещение не что иное, как обмен местами, занимаемыми телом и средой, аналогично тому, как это происходит в воде при движении рыбы. С позиции сегодняшнего дня, в подобном понимании, близком платоновскому, нашел выражение субстанциальный подход к природе пространства.

Не признавая самодвижения, Аристотель полагал, что для всякого (неестественного) движения должен быть двигатель. Для брошенного тела таковым, по его мнению, является среда, а человек, бросающий предмет, приводит в движение не только его, но и среду, в которой предмет находится. Оторвавшись от руки, предмет продолжает это движение под действием среды, непосредственно соприкасающейся с ним.

Понятие естественности означает наделение тел и мест некими динамическими свойствами. Если у Платона материя лишена динамических свойств, то у Аристотеля ей присуща способность к изменению, поскольку место также динамично и обладает некой силой, заставляя перемещаться объекты в «естественном» для них направлении: огонь — вверх, а весомые тела — вниз.

Впоследствии мысль о динамических свойствах места (пространства-времени) окажется воплощенной в общей теории относительности.

Развитие этой идеи прослеживается в учении Рене Декарта (1596–1650), который, исходя из одной категории пространства, сформулировал в рамках механистических представлений целостную систему естествознания. Центральным положением картезианской натурфилософии является отождествление материи и пространства. «Пространство или в утреннее место, — пишет он в „Началах философии“, — (...) разнится от телесной субстанции, заключенной в этом пространстве, лишь в нашем мышлении. И действительно, протяжение в длину, ширину и глубину, составляющее пространство, составляет и тело. (...) Рассматривая (...) камень, мы обнаружим, что истинная идея, какую мы о нем имеем, состоит в одном том, что мы отчетливо видим в нем субстанцию, протяженную в длину, ширину и глубину; то же самое содержится и в нашей идее о пространстве, причем не только о пространстве, заполненном телами, но и о пространстве, которое именуется „пустым“»<sup>4</sup>.

Таким образом, Декарт фактически ввел представление о двух сторонах пространственной субстанции: материальной и духовной. Первая из них обладает протяженностью, которую, собственно говоря, и принято понимать как тело. А вторая, — духовная, — ответственна за перемещение

<sup>4</sup> Цит. по кн.: *Гайденко П. П.* История новейшей европейской философии в ее связи с наукой. М.: Университетская книга, 2000. С. 124; 2-е изд. М.: Книжный дом «Либроком»/URSS, 2009.

первой, телесной, субстанции. Таким образом, у Декарта, как и у Галилея (1564–1642), нет отдельной категории силы, как прообраза категории полей переносчиков взаимодействий. Все физические понятия (пространство, тела и причины изменения положения тел) Декарт пытался объяснить при помощи лишь одной категории, однако, имеющей две стороны.

Взгляды Декарта оказали большое влияние на последующее развитие физики и, в частности, на создание общей теории относительности. Можно сказать, что в ОТО на уровне представлений XX века возрождались идеи Декарта, отождествлявшего пространство с субстанцией. «Декарт, — писал Эйнштейн, — был не так далек от истины, когда полагал, что существование пустого пространства должно быть исключено. Эта точка зрения действительно казалась абсурдной до тех пор, пока физическую реальность видели исключительно в весомых телах. Потребовалась идея поля, чтобы показать истинную сущность идеи Декарта: не существует пространство, „свободное от поля“»<sup>5</sup>.

Следующее звено на пути к геометрическому миропониманию связано с философско-религиозными взглядами И. Ньютона (1643–1727). «Абсолютное пространство, — отмечает философ П. П. Гайденко, — Ньютон наделяет особым свойством активности, называя его „чувствилицем Бога“ (Sensorium Dei). (...) „Чувствилицем Бога“ называет абсолютное пространство и С. Кларк в переписке с Лейбницем, защищая здесь точку зрения, общую у него с Ньютоном. (...) Правда, Ньютон не согласен считать пространство мировой душой, поскольку это понятие трудно совместимо с христианством, но идея общей одушевленности мира ему не чужда. (...) Понятия пространства, эфира, „мирового дыхания“ или „мировых духов“ ассоциировались у некоторых возрожденческих натурфилософов с мировой душой неоплатоников, которая мыслилась как тончайшая материя или, как мы видели у Г. Мора, И. Ньютона и С. Кларка, — как пространство. При этом последнее рассматривается как *одушевленное пространство* у ряда представителей герметизма; у Ньютона и Кларка, желавших остаться в пределах христианской теологии, оно получает название „божественного чувствилища“»<sup>6</sup>.

Эйнштейн обращал внимание на созвучие философско-религиозных взглядов Ньютона с парадигмой общей теории относительности в геометрическом видении мира. Он считал, что смог создать общую теорию относительности только потому, что стоял на плечах таких гигантов, как Ньютон.

Идеологические предпосылки геометрического миропонимания были заложены в трудах Аристотеля, Р. Декарта, И. Ньютона и И. Канта (1724–1804), а физические (экспериментальные) — сложились после опытов Г. Галилея по падению тел с Пизанской башни. Уже тогда стало видно, что все тела в поле тяжести Земли падают одинаково, т. е. независимо

<sup>5</sup> Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 2. М.: Наука, 1966. С. 758.

<sup>6</sup> Гайденко П. П. История новоевропейской философии в ее связи с наукой. М.: Университетская книга. С. 81.

от их индивидуальных свойств (массы, вещества, формы и т. д.). Затем это нашло свое выражение в законах механики Ньютона и законе всемирного тяготения. Напомним, из второго закона Ньютона для падающих тел в гравитационном поле Земли следует, что приобретаемое телами ускорение зависит лишь от той точки пространства (места), где они оказались. Уже тогда можно было поставить вопрос: нельзя ли характеристику притяжения, т. е. получаемого телами ускорения, связать не с самими телами, а с соответствующим местом пространства, где они находятся?

Заметим, что данная идея была созвучна еще не забытым взглядам Аристотеля, который наделял некими динамическими свойствами не только тела, но и места: «Перемещения простых физических тел, например, огня, земли и подобных им, показывает, что место есть не только нечто, но что оно имеет и какую-то силу».

Однако разработке соответствующей теории препятствовали укоренившиеся представления, согласно которым пространство считалось однородным (одинаковым во всех точках) и изотропным (одинаковым по всем направлениям), а время — однородным. Это представлялось настолько очевидным, что исключало даже какое-либо обсуждение. А как же могло быть иначе! Оставалось только принимать пространство и время как априорно заданные именно с такими свойствами, что нашло отражение в философии Канта.

## 1.2. Идея Клиффорда о всеобщей геометризации физики

Понадобились века, чтобы осознать возможность существования более общих (искривленных) пространственно-временных многообразий, позволяющих включить в себя категорию полей переносчиков взаимодействий. Начало развитию этой идеи положили работы Н. И. Лобачевского (1792–1856), К. Гаусса (1777–1855) и Я. Бояи (1802–1860), которые открыли первую неевклидову (гиперболическую) геометрию, а затем труды Б. Римана (1826–1866), обосновавшего второй вариант неевклидовой (сферической), а потом и произвольной геометрии.

В результате стало ясно, что истоки идеи об искривленности пространства (точнее, пространства-времени) тоже лежат в античности. Здесь мы имеем в виду известную историю с пятым постулатом Евклида, на первый взгляд, не имеющим никакого отношения к физике и тем более к описанию полей переносчиков физических взаимодействий. А исходным моментом стал анализ логических основ евклидовой геометрии, представлявшейся единственно возможной, априорно заданной, но в итоге возникли ее альтернативные варианты.

После открытия неевклидовых геометрий существенный вклад в развитие идеи о связи физических свойств материи со свойствами искривленного пространства сделал английский математик Вильям Клиффорд (1845–1879), которому принадлежит первый перевод на английский язык

мемуара Римана. В вышедшей посмертно под редакцией К. Пирсона книге Клиффорда «Здравый смысл точных наук» (1885)<sup>7</sup> был четко поставлен вопрос: В каком пространстве, — бесконечном евклидовом или в замкнутом, сферическом римановом, — мы живем? В этой работе автором были проанализированы необычные закономерности замкнутого мира и, в частности, рассмотрен известный пример с ползающим по сфере жуком, который иллюстрирует свойства замкнутого мира.



В. Клиффорд (1845–1879)

Но главная заслуга Клиффорда заключается в том, что он фактически первым сформулировал проблему описания посредством геометрии физических понятий: «Спросим же себя, не можем ли мы подобным же образом рассматривать как изменения физического характера те действия, которые на самом деле обязаны своим происхождением изменениям в кривизне нашего пространства. Не окажется ли, что все или некоторые из причин, которые мы называем физическими, свое начало ведут от геометрического строения нашего пространства?»<sup>8</sup>. Более того, им было высказано предположение, что такими физическими причинами могут быть теплота, свет и электрическое поле.

Заметим, что истинная физическая причина искривленности, — гравитация, — им еще не была названа, поскольку это станет возможным только после работ Эйнштейна. Однако высказанная им гипотеза о возможной связи электромагнитного поля и геометрии пространства является достаточным основанием, для того чтобы считать Клиффорда родоначальником идеи геометризации электромагнитного поля.

Именно в трудах В. Клиффорда качественно предвосхищены основные проявления закономерностей созданной значительно позже общей теории относительности. Он писал: «Вот три рода изменений кривизны в пространстве, которые мы должны признать лежащими в пределах возможного:

1. Пространство наше, быть может, действительно обладает кривизной, меняющейся при переходе от одной точки к другой, — кривизной, которую нам не удастся определить или потому, что мы знакомы лишь с небольшой частью пространства, или потому, что мы смешиваем незначительные происходящие в нем изменения с переменами в условиях нашего физического существования, последние же мы не связываем с переменами в нашем положении. (...)
2. Наше пространство может быть действительно тождественно во всех своих частях (имеет одинаковую кривизну), но величина его кривизны

<sup>7</sup> См.: Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С. 38–47.

<sup>8</sup> Там же. С. 46.

может изменяться как целое во времени. В таком случае наша геометрия, основанная на тождественности пространства, сохранит свою силу для всех частей пространства, но перемены в кривизне могут произвести в пространстве ряд последовательных видимых изменений.

3. Мы можем мыслить наше пространство как имеющее повсюду приблизительно однородную кривизну, но легкие изменения кривизны могут существовать при переходе от одной точки к другой, в свою очередь изменяясь во времени. Эти изменения кривизны во времени могут произвести явления, которые мы не так уж неестественно приписываем физическим причинам, не зависящим от геометрии нашего пространства»<sup>9</sup>.

Как оказалось впоследствии, все отмеченные Клиффордом три типа изменения кривизны нашли естественное воплощение в общей теории относительности. Так, к первому типу относится, например, искривление пространства (и времени) вокруг гравитирующих тел, в частности, вокруг Солнца и Земли. Именно этим искривлением объясняется ньютоновский закон всемирного тяготения. Второй тип, по Клиффорду, — изменение во времени пространственной кривизны, одинаковой во всех точках, — нашел свою реализацию в космологических моделях Фридмана. Третий тип изменения кривизны в виде ряби на практически плоском фоне может быть сопоставлен с распространением гравитационных волн, экспериментальный поиск которых продолжается и по настоящее время.

Из воспоминаний современников Эйнштейна и сведений его биографов известно, что Эйнштейн был знаком с работами Клиффорда еще в бернский период своей жизни (1902–1909).

Из всего сказанного следует, что именно Клиффорд является основателем геометрического видения мира, причем в его экстремально законченной форме, претендующей на монистическую парадигму. Он писал: «...изменение кривизны пространства — это то, что в действительности происходит при том явлении, которое мы называем движением материи, как весомой, так и эфира; что в физическом мире не имеет места ничего, кроме этого изменения, подчиняющегося (возможно) закону непрерывности»<sup>10</sup>. Таким образом, перед нами не что иное, как программа полной геометризации всей материи.

Отметим, что В. Клиффорду принадлежит немало выдающихся результатов в математике. Так, для изучения групп движений в геометрии он применил кватернионы — следующее после комплексных чисел обобщение вещественных чисел. В математике и физике XX века широко использовались так называемые алгебры Клиффорда. Напомним, что спиноры и их обобщения в пространственно-временных многообразиях произвольной размерности и сигнатуры вводятся с помощью алгебр Клиффорда.

<sup>9</sup> Альберт Эйнштейн и теория гравитации. С. 46.

<sup>10</sup> Клиффорд В. О пространственной теории материи // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С. 36.

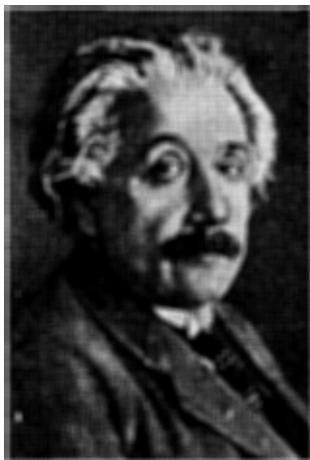
### 1.3. Рождение общей теории относительности

В результате исследований неевклидовых (римановых) геометрий рядом выдающихся геометров был подготовлен математический аппарат для создания общей теории относительности. Но для этого, прежде всего, требовалось объединение 3-мерного пространства и 1-мерного времени в единое 4-мерное пространственно-временное многообразие. Использование идеи искривления лишь 3-мерного пространства, как потом выяснилось, не могло привести к успеху. Это было сделано в самом начале XX века в специальной теории относительности.

Во-вторых, необходимо было поставить рядом теории гравитации и пространства-времени. И хотя Клиффорд размышлял о гравитации, это было сделано вскоре после создания специальной теории относительности в статье А. Пуанкаре (1854–1912) «О динамике электрона» (1906 г.)<sup>11</sup>, где наряду с электромагнитным было проанализировано и гравитационное взаимодействие в рамках специальной теории относительности. Вскоре к обсуждению этой проблематики присоединился и Альберт Эйнштейн.

Лишь благодаря идее искривленности пространства (и времени), когда появились представления о пространстве, по-разному искривленному в различных местах, возникла возможность подойти к вопросу о динамических свойствах пространства. Ускорение можно связать с характеристиками искривленности пространства, а линии, по которым движутся тела, — отождествить с экстремальными, — геодезическими линиями. Напомним, в евклидовой геометрии это прямые линии, в геометрии Лобачевского — гиперболы, в сферической геометрии Римана — дуги большого радиуса, а в произвольно искривленном мире это более сложные кривые линии. Данная идея и была реализована в общей теории относительности Эйнштейна.

Альберт Эйнштейн (1879–1955) фактически приступил к созданию общей теории относительности в 1907 году в статье «О принципе относительности и его следствиях», где, во-первых, тяготение рассматривалось с учетом принципа относительности и, во-вторых, отмечалась связь гравитации с силами инерции в ускоренных системах отсчета, т. е. учитывался принцип эквивалентности.



А. Эйнштейн (1879–1955)

Затем последовал период мучительного формирования самой общей теории относительности. На этом пути чрезвычайно важным шагом явилась совместная статья А. Эйнштейна с математиком Марселем Гроссманом «Проект обобщенной теории относительности и теории тяготе-

<sup>11</sup> Принцип относительности. М.: Атомиздат, 1973.

ния» (1913 г.)<sup>12</sup>, где было сказано самое важное: гравитационное взаимодействие обусловлено искривленностью 4-мерного пространства-времени и описывается компонентами метрического тензора.

Из названной статьи видно, что А. Эйнштейн искал математический аппарат, который позволил бы связать гравитацию с геометрией. Но в то время он еще не располагал нужными знаниями в области римановой геометрии, достаточно развитой к тому времени математиками. Освоить нужную математику ему помог М. Гроссман. В своих «Автобиографических набросках» Эйнштейн об этом писал: «Я навестил в 1912 г. моего старого студенческого друга Марселя Гроссмана, который тем временем стал профессором математики в Швейцарском политехникуме. (...) Вышло так, что хотя он охотно согласился совместно работать над проблемой, но все-таки с тем ограничением, что он не берет на себя никакой ответственности за какие-либо физические утверждения и интерпретации. Он тщательно просмотрел литературу и скоро обнаружил, что указанная математическая проблема была уже решена прежде всего Риманом, Риччи и Леви-Чивитой. Это развитие в целом примыкало к теории кривизны поверхностей Гаусса; в этой теории впервые были систематически использованы обобщенные координаты. Достижения Римана были наибольшими»<sup>13</sup>. Их совместная статья состояла из двух частей: первая, физическая, была написана Эйнштейном, тогда как вторая, математическая, принадлежала перу Гроссмана, который подробно излагал основы аппарата дифференциальной геометрии, вводил метрику и разъяснял другие геометрические понятия, использованные Эйнштейном в первой части.

После выхода в свет этой статьи самое главное было сделано: все остальное, можно сказать, представляло собой техническую (математическую) часть доработки теории. На рубеже 1915 и 1916 годов почти одновременно А. Эйнштейном и Давидом Гильбертом были записаны уравнения (Эйнштейна) для гравитационного поля. Суть этих уравнений состоит в установлении связи кривизны пространства-времени (геометрии) со свойствами находящейся в нем материи.

Конечно, это было еще далеко не все. Предстояло, во-первых, найти решение очень сложной системы из 10 нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка, начиная с наиболее интересных частных случаев. А во-вторых, — осмыслить полученные результаты и изучить возможные физические эффекты, подтверждающие общую теорию относительности. Решением этих и ряда других проблем физики-теоретики и математики занимались в течение всего XX века.

Напомним, как понимал общую теорию относительности сам ее создатель. В своей статье 1919 года «Принципиальное содержание общей теории относительности» А. Эйнштейн писал: «Теория, как мне кажется сегодня, покоится на трех основных положениях, которые ни в какой сте-

<sup>12</sup> Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 1. М.: Наука, 1965. С. 227–266.

<sup>13</sup> Там же. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 355.

пени не зависят друг от друга. Ниже они будут коротко сформулированы, а в дальнейшем освещены с некоторых сторон.

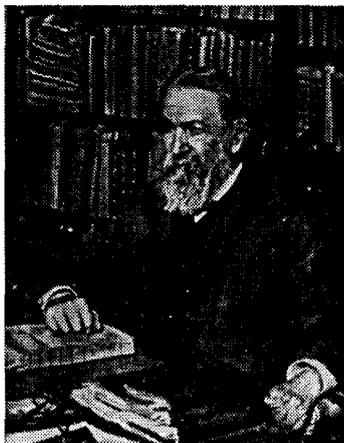
1. *Принцип относительности*: законы природы являются лишь высказываниями о пространственно-временных совпадениях; поэтому они находят свое естественное выражение в общековариантных уравнениях.
2. *Принцип эквивалентности*: инерция и тяжесть тождественны; отсюда и из результатов специальной теории относительности неизбежно следует, что симметричный „фундаментальный тензор“ ( $g_{\mu\nu}$ ) определяет метрические свойства пространства, движение тел по инерции в нем, а также и действие гравитации. Описываемое фундаментальным тензором состояние пространства мы будем обозначать как „ $G$ -поле“.
3. *Принцип Маха*:  $G$ -поле полностью определено массами тел<sup>14</sup>.

Сформулированные принципы в значительной степени отражали путь, по которому Эйнштейн шел, создавая теорию. Но когда она была построена, на ее содержание уже можно было смотреть и под иными углами зрения. Впоследствии время внесло коррективы в понимание сущности общей теории относительности. Изменились и взгляды самого Эйнштейна, в частности, на значение принципа Маха.

#### 1.4. Роль Э. Маха в создании общей теории относительности

27

В начале XX века идеи неевклидовых геометрий представлялись экзотическими и были малоизвестны в сообществе физиков. Господствовала уверенность в евклидовом характере геометрии реального мира и в незыблемости закономерностей ньютоновой механики. Для формирования геометрического миропонимания необходимо было развенчать эти укоренившиеся представления. Сложившаяся ситуация вполне сопоставима с преодолением античных взглядов на физику, чему способствовали труды Коперника, Кеплера, Галилея и других выдающихся естествоиспытателей XV–XVII веков, подготовивших почву для создания ньютоновой механики.



Э. Мах (1838–1916)

Но на этот раз понадобилось значительно меньше времени. Большую роль в решении этой задачи и в подготовке условий для создания общей

<sup>14</sup> Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. I. М.: Наука, 1965. С. 613.

теории относительности сыграл Эрнст Мах (1838–1916). Сам Эйнштейн отмечал, что «Мах ясно понимал слабые стороны классической механики и был недалек от того, чтобы прийти к общей теории относительности. И это за полвека до ее создания! Весьма вероятно, что Мах сумел бы создать общую теорию относительности, если бы в то время, когда он еще был молод духом, физиков волновал вопрос о том, как следует понимать скорость света»<sup>15</sup>.

Произведя глубокий критический анализ ньютоновой физики (механики), Мах обратил внимание на ее слабые стороны и тем самым подготовил почву для ряда исследований в новой физике. Поэтому его вклад в становление всей фундаментальной теоретической физики XX века, как теории относительности, так и квантовой теории, представляется поистине великим.

В поле зрения Э. Маха находились и идеи о возможном неевклидовом характере физического пространства. Уже в 1903 году, в преддверии создания теории относительности, им была опубликована статья «Пространство и геометрия с точки зрения естествознания», где был сделан глубокий анализ математических и физических аспектов развития представлений о геометрии пространства и обстоятельно охарактеризованы достижения Лобачевского, Я. Бояи, Римана, Гаусса и других. При этом Мах исходил из того, что «геометрия есть применение математики к опыту относительно пространства». В этой связи позволим себе напомнить его пророческие слова: «Все развитие, приведшее к перевороту в понимании геометрии, следует признать за здоровое и сильное движение. Подготавливаемое столетиями, значительно усилившееся в наши дни, оно никоим образом не может считаться уже законченным. Напротив, следует ожидать, что движение это принесет еще богатейшие плоды — и именно в смысле теории познания — не только для математики и геометрии, но и для других наук. Будучи обязано, правда, мощным толчкам некоторых отдельных выдающихся людей, оно, однако, возникло не из индивидуальных, но общих потребностей! Это видно уже из одного разнообразия профессий людей, которые приняли участие в движении. Не только математики, но и философы, и дидактики внесли свою долю в эти исследования. И пути, проложенные различными исследователями, близко соприкасаются»<sup>16</sup>.

На самом активном этапе своей научной деятельности Эйнштейн находился под большим влиянием идей Маха и, создавая общую теорию относительности, он был в полной уверенности, что работает над реализацией идей Маха. В качестве иллюстрации сошлемся на письмо Маху от 25 июня 1913 года: «В текущем году во время солнечного затмения будет проверено, изменяются ли световые лучи Солнцем или, другими словами, верно ли основное и фундаментальное предположение об эквивалентности ускоренной системы и гравитационного поля. Если это так,

<sup>15</sup> Эйнштейн А. Эрнст Мах // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 29.

<sup>16</sup> Мах Э. Познание и заблуждение. М.: БИНОМ; Лаборатория знаний, 2003. С. 419.

то Ваши вдохновляющие исследования об основах механики — вопреки несправедливой критике Планка — получают блестящее подтверждение. Тогда неизбежным следствием будет то, что инерция проявляется как своего рода взаимодействие тел, вполне в духе Вашей критики ньютоновского эксперимента с вращающимся сосудом»<sup>17</sup>.

Известно также, что Эйнштейн мало кого цитировал, а ссылки на Маха содержатся во многих его работах того периода<sup>18</sup>.

Однако вскоре после создания общей теории относительности выяснилось, что принцип Маха, названный так самим Эйнштейном, в его теории непосредственно не содержится. То ли из-за осознания этого, то ли из-за слухов об отрицательном отношении к его теории Э. Маха (уже престарелого), но спустя некоторое время Эйнштейн изменил свое отношение к его идеям: «По мнению Маха в действительно рациональной теории инертность должна, подобно другим ньютоновским силам, происходить от взаимодействия масс. Это мнение я в принципе считал правильным. Оно неявным образом предполагает, однако, что теория, на которой все основано, должна принадлежать тому же общему типу, как и ньютонова механика: основными понятиями в ней должны служить массы и взаимодействия между ними. Между тем не трудно видеть, что такая попытка не вяжется с духом теории поля»<sup>19</sup>.

Таким образом, главное состояло в том, что пока Эйнштейн работал над ОТО, он считал себя сторонником идей Э. Маха. Но по мере осмысления созданной теории выяснилось, что она относится к совершенно иной парадигме по сравнению с той, в которой мыслил Э. Мах. А это не только разные взгляды на одни и те же вещи, но и разные способы постижения неизвестного. И пути Маха и Эйнштейна разошлись.

Иногда встречаются утверждения о том, что Э. Мах якобы критически высказывался по поводу общей теории относительности. Подобные упреки основаны, как правило, на посмертно изданных материалах, которые, согласно исследованиям Г. Вольтерса «Мах I, Мах II, Эйнштейн и релятивистская теория»<sup>20</sup>, были сфальсифицированы его сыном Людвигом Махом, дожившим до 60-х годов прошлого века. Мах II, как его называет Г. Вольтерс, считал себя наследником отца не только материально и юридически, но и идейно. Но будучи дилетантом в физике, он не понял сути теории относительности и боролся с ее идеями. На самом же деле Э. Мах положительно и даже доброжелательно относился к идеям теории относи-

<sup>17</sup> Цит по ст.: Хенль Г. К истории принципа Маха // Эйнштейновский сборник-1968. М.: Наука, 1968. С. 262

<sup>18</sup> Более подробно этот вопрос рассмотрен в статье Вл. П. Визгина // Эйнштейновский сборник-1980. М.: Наука, 1980, с.

<sup>19</sup> Эйнштейн А. Автобиографические заметки // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 268.

<sup>20</sup> Wolters G. Mach I, Mach II, Einstein und die Relativitätstheorie: Eine Fälschung und ihre Folgen. В., N. Y.: De Gruyter, 1987. 474 S.

тельности. В частности, он читал основополагающую работу А. Эйнштейна и М. Гроссмана 1913 года по общей теории относительности.

Отказавшись от парадигмы Маха, Эйнштейн вольно или невольно присоединился к геометрической парадигме В. Клиффорда. В работах самого Эйнштейна мне не удалось найти ссылок на работы Клиффорда, однако его биографы свидетельствуют о том, что они были ему известны.

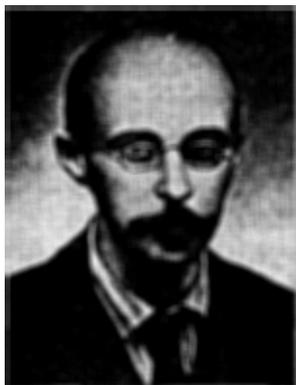
## 1.5. Космология

Физиков, да и не только физиков, буквально заворожил тот факт, что общая теория относительности позволяет выйти на качественно новый уровень в понимании мироздания. Теперь в рамках ОТО можно в принципе ставить и решать *задачу описания Вселенной как целого*. Раньше подобные вопросы входили в компетенцию религии и философии, а теперь они оказались в сфере деятельности физиков.

В математическом плане описание Вселенной как целого основано на решении уравнений Эйнштейна, в правую часть которых нужно подставить тензор энергии-импульса всей материи мира: планет, звезд, межзвездной среды и всего прочего. Но поскольку точно учесть их невозможно, рассматривается упрощенная модель.

Одним из первых частное однородное изотропное космологическое решение своих уравнений нашел сам Эйнштейн, получив статическое решение для замкнутого мира, т. е. в виде 3-мерной гиперсферы. Для этого ему пришлось ввести в уравнение так называемую космологическую постоянную. Строго говоря, полученное решение в качественном виде рассматривалось В. Клиффордом в его книге «Здравый смысл точных наук» еще до рождения Эйнштейна. Выше уже упоминалось клиффордовское пояснение свойств такого мира на примере жука, ползающего по 2-мерной сфере.

Однако вскоре, уже в 1922 году, наш соотечественник А. А. Фридман (1888–1925) нашел еще три вида решений уравнений Эйнштейна, причем без использования космологического члена. Пространственные части этих решений соответствовали трем классическим геометриям с симметриями: Евклида, Лобачевского и Римана. Первые два вида решений характеризовали открытые, т. е. бесконечные вселенные, тогда как третье, с геометрией Римана, было замкнутым, как и в случае решения, найденного Эйнштейном. Но самое главное состояло в том, что все три космологические модели описывали не статический мир, как у Эйнштейна, а эволюционирующие вселенные.



А. А. Фридман (1888–1925)

Любопытная история произошла с признанием данных результатов. Эйнштейн поспешил публично заявить об ошибке, допущенной Фридманом. Но ошибки не было. Понадобились немалые усилия, чтобы убедить Эйнштейна пересмотреть свое заключение. Это удалось профессору Ю. А. Круткову, оказавшемуся в командировке в Германии. Когда Эйнштейн заново перепроверил результаты Фридмана и убедился в их достоверности, он вынужден был в печати признать его правоту. В настоящее время так называемые однородные изотропные космологические решения Фридмана составляют основу космологии.

Характерным свойством всех трех моделей является наличие «начальных» моментов эволюции, обычно трактуемых как «рождение Вселенной» вследствие взрыва. На это сразу же обратили внимание, поскольку полученные решения фактически подтверждали древнюю христианскую идею о начале мира. Об этом писали Толмен и другие физики, а некоторые богословы прямо заявляли, что общая теория относительности подтверждает Библию. Заметим, что первое статическое решение Эйнштейна соответствовало восточным религиям, согласно которым мир существовал всегда.

Отметим также, что все три решения Фридмана характеризуются тем, что в начальный момент времени плотность материи обращается в бесконечность. Это следует трактовать так, что в окрестности нуля, или «начального момента» эволюции, закономерности общей теории относительности теряют силу и ею можно пользоваться, лишь начиная с какого-то конечного момента времени. При этом открытые (бесконечные) миры расширяются в течение бесконечного времени, тогда как замкнутый мир сначала расширяется до максимального размера, а затем сжимается опять до сингулярного состояния.

В конце 20-х годов XX века Э. Хабблом (1889–1953) было обнаружено красное смещение в спектрах далеких звезд, причем оно оказалось зависящим от расстояния: чем дальше звезда, тем оно больше. Данное смещение принято толковать как разбегание галактик (точнее, пылинок — скопленный галактик), причем это не означает, что они удаляются от одного центра. Такая закономерность имеет место относительно любого наблюдателя в системе отсчета, в среднем сопутствующей материи всей вселенной.

В 1920-х годах возник естественный вопрос: Какой из найденных трех моделей Фридмана описывается наш мир? Из уравнений Эйнштейна следует, что ответ на него зависит от средней плотности материи во Вселенной. Имеется критическая плотность вещества во Вселенной  $\rho_0 \sim 10^{-29}$  г/см<sup>3</sup>. Если окажется, что плотность  $\rho > \rho_0$ , то наш мир описывается закрытой космологической моделью Фридмана; если же плотность вещества меньше критической, то следует использовать открытую космологическую модель (с 3-мерным пространством Лобачевского); но, если  $\rho = \rho_0$ , то мы живем в пространстве Евклида.

Долгое время решение этого вопроса оставалось открытым. К более или менее общепринятому мнению физики пришли лишь в последнее

время: в среднем Вселенную следует считать плоской, т. е. описываемой геометрией Евклида.

## 1.6. Проблема геометризации электромагнетизма

Успешная геометризация гравитационного взаимодействия естественным образом наводила на мысль о геометризации и электромагнитного взаимодействия. Более того, в начале XX века предпринимались настойчивые попытки построения единой теории поля, в основу которой закладывалось электромагнитное поле, из которого надеялись получить все известные виды материи, в том числе и гравитационное взаимодействие. Среди этих теорий особое место занимала теория Ми. Этой проблемой пробовал заняться в 1908–1910 годах Эйнштейн, однако ожидаемый результат получен не был.

Создание общей теории относительности открывало новые возможности. Вот что об этом пишет в своем обстоятельном исследовании «Единые теории поля в первой трети XX века»<sup>21</sup> Вл. П. Визгин: «В 1915–1916 гг. (и, по-видимому, вплоть до 1918–1919 гг.) Эйнштейн рассматривал ОТО как теорию гравитационного поля, едва ли способную пролить какой-либо новый свет на проблему строения материи. Более того, он полагал, что при распространении гравитационных явлений в микромире ОТО нужно модифицировать с помощью квантовой теории. Возможно, негативной оценке Эйнштейном унифицирующих возможностей ОТО способствовало его явно отрицательное отношение к теории Гильберта, а также его прошлый неудачный опыт, связанный с разработкой единой полевой теории 1908–1910 гг.»<sup>22</sup>.

### 1.6.1. Идеи Гильберта о геометрическом объединении гравитации и электромагнетизма

«Одной из основных тем в творчестве Гильберта (1862–1943) была аксиоматизация научного знания. Г. Вейль делил его научную биографию на шесть периодов:

- 1) теория алгебраических инвариантов (1885–1893);
- 2) теория алгебраических числовых полей (1893–1898);
- 3) основания геометрии (1898–1902);
- 4) интегральные уравнения (1902–1912);
- 5) физика (1910–1922);
- 6) основания математики в целом (1922–1930).

Три из этих шести разделов (третий и два последних) целиком посвящены исследованию оснований, т. е. аксиоматике. Задолго до своих работ

<sup>21</sup> Визгин В. П. Единые теории поля в первой трети XX века. М.: Наука, 1985.

<sup>22</sup> Там же. С. 57–58.

по физике, в 1900 г., он выдвинул как важнейшую научную задачу проблему аксиоматизации физики (в докладе „Математические проблемы“ на II Международном конгрессе математиков в Париже). Речь шла о 6-й проблеме, которая, согласно Гильберту, заключалась в „аксиоматическом построении по этому же образцу (т. е. по образу геометрии. — В. В.) тех физических дисциплин, в которых уже теперь математика играет выдающуюся роль“<sup>23</sup>.



Д. Гильберт (1862–1943)

В рамках 5-го из названных периодов по инициативе Гильберта в Геттингене был организован под руководством Дебая семинар по структуре материи. В это время Гильберта привлекала проблема построения единой теории поля на основе обобщения уравнений Максвелла. При этом, главным образом, имелась в виду теория Ми. Сразу же после известной работы Эйнштейна и Гроссмана Гильберт заинтересовался геометрическим подходом к физике. Итогом соединения двух направлений явилась знаменитая работа Гильберта «Основания физики». Выступая 20 ноября 1915 года на заседании Геттингенского королевского научного общества, автор начал свой доклад словами: «Грандиозные задачи, поставленные Эйнштейном, а также остроумно разработанные для их решения методы, его глубоко идущие мысли и образование понятий, с помощью которых Ми строил свою электродинамику, открыли для исследований по основаниям физики новые пути. Я хотел бы в последующем, следуя аксиоматическому методу и исходя, по существу, из двух аксиом, составить новую систему основных уравнений физики. Эти уравнения, обладая идеальным изяществом, содержат одновременно решение задач Эйнштейна и Ми»<sup>24</sup>.

Первая аксиома, — назовем ее аксиомой Ми, — состоит в постулировании мировой функции, из которой вариационным методом получаются уравнения поля. Вторая аксиома соответствует требованию эйнштейновской теории об инвариантности мировой функции (действия) относительно преобразований координат. Действие строилось из скалярной кривизны и электромагнитной части, соответствовавшей теории Ми. В результате применения вариационного принципа из такого действия получалась связь геометрической части (тензора Эйнштейна) с тензором энергии-импульса обобщенного электромагнитного поля. Гильберт писал: «это обстоятельство впервые указало мне на необходимость существования тесной связи между общей теорией относительности и электродинамикой Ми и дало мне доказательство справедливости развитой здесь теории»<sup>25</sup>.

<sup>23</sup> Визгин В. П. Единые теории поря в первой трети XX века. С. 58–59.

<sup>24</sup> Гильберт Д. Основания физики // Вариационные принципы механики. М.: Физматгиз, 1959. С. 589.

<sup>25</sup> Там же. С. 596.

В оценке Вл. П. Визгина, «теория была дважды редукционистской: материя сводилась к электромагнитному полю, а уравнения электромагнитного поля выводились из уравнений гравитационного поля». Последнее делалось в тесной связи с теоремой Неттер. Предложенная Гильбертом теория имела ряд уязвимых черт, на которые справедливо указывал Эйнштейн и другие авторы. Так, в письме к Эренфесту от 24 мая 1916 года Эйнштейн так охарактеризовал теорию Гильберта: «Гильбертовское изложение мне не нравится. Оно излишне специально в части, касающейся материи (имеется в виду теория Ми. — *Вл. В.*), излишне усложнено и не вполне корректно в построении (плутни сверхчеловека для завуалирования метода)»<sup>26</sup>.

Не будем углубляться в детали. Отметим лишь то, что осталось, как говорится, «в сухом осадке». Первое и самое важное состоит в том, что в отсутствие электромагнетизма или при замене электромагнитного тензора энергии-импульса на тензор материи уравнения Гильберта совпадали с уравнениями Эйнштейна. Поскольку по времени они были получены чуть раньше Эйнштейна, то ряд лиц предлагал даже назвать уравнения Эйнштейна уравнениями Гильберта—Эйнштейна.

Второе состояло в том, что Гильберт в своей работе четко поставил проблему объединения теорий гравитации и электромагнетизма в рамках геометрической теории, причем это было сделано до того, как Эйнштейн приступил к построению единой геометрической теории поля. Даже спустя несколько лет Гильберт отстаивал плодотворность предложенного им тогда пути. Он писал: «Я твердо верю, что теория, развиваемая мною здесь, содержит твердую сердцевину (*einen bleibenden Kern*) и указывает рамки, внутри которых достаточно места для построения в будущем физики, удовлетворяющей теоретико-полевому „идеалу единства“»<sup>27</sup>.

### 1.6.2. Попытка Г. Вейля геометризации электромагнетизма

Последовательно геометрическая модель объединения гравитации и электромагнетизма впервые предложена в 1918 году Германом Вейлем (1885–1955), который унаследовал от своего учителя (Гильберта) стремление к объединению гравитации и электромагнетизма на базе геометрии.

Однако в мировосприятии Вейля и Гильберта были существенные различия. Прежде всего, следует отметить, что Вейль не разделял чрезмерного увлечения Гильберта аксиоматикой (формализованным подходом к математике), а являлся сторонником интуиционизма в математике (Л. Брауэр). В одной из своих работ он писал, что новые идеи в математике возникают не столько аксиоматическим путем, сколько на основе глубоких, интуитивных соображений: «Несмотря на это, действительную ценность и значение нынешней системы понятий логизированной математики я

<sup>26</sup> Цит. по кн.: *Визгин В. П.* Единые теории поля в первой трети XX века. С. 67.

<sup>27</sup> *Hilbert D.* Die Grundlagen der Physik // *D. Hilbert Gesammelte Abhandlungen.* B.: Springer, 1935. Bd. 3. S. 259–291.

вижу в том, что ее понятия, без ущерба для истинности ее утверждений, остаются наглядными, открытыми для созерцания (*anschauungsma ßig*). Я полагаю, что человеческий разум никаким другим путем не способен подняться от данной реальности к математическим понятиям. Применимость нашей науки является тогда лишь симптомом ее укорененности в „почве“, а не самостоятельным ее признаком. И математика, это гордое дерево с обширной кроной, ветвящейся в эфире, силу свою тысячью корнями высасывает из почвы реальных созерцаний и представлений (*aus dem Erdboden wirklichen Anschauungen und Vorstellungen*). Было бы роковой ошибкой обрезать эти корни ножницами ограниченного утилитаризма или лишить это дерево почвы, на котором оно произросло»<sup>28</sup>.



Г. Вейль (1885–1955)

Несомненно, это различие в позициях Гильберта и Вейля имеет метафизический характер. Вообще следует сказать, что Вейль большое значение придавал философии. Автор одного из лучших очерков о его жизни и творчестве М. Ньюмен пришел к следующему заключению: «Через всю жизнь пронес Вейль неослабный интерес к философским проблемам, равно как и свое убеждение в том, что эти проблемы неотделимы от научных, в частности математических, проблем. Это наложило отпечаток на всю его работу»<sup>29</sup>. Известно, что в 1954 году труды Вейля по философии были отмечены премией им. Арнольда Реймона, учрежденной Лозаннским университетом.

Существенным фактором математического характера, приблизившим создание Вейлем объединенной модели гравитации и электромагнетизма, стало введение Т. Леви-Чивитой, Г. Гессенбергом и Я. А. Схоутеном понятия параллельного переноса в римановом пространстве (1917–1918 гг.). Это позволило Я. А. Схоутену охарактеризовать все возможные виды обобщенных дифференциальных геометрий, простейшим частным случаем которых является риманова геометрия. Но первым шагом на этом пути обобщений римановой геометрии явилась теория Вейля. Вот что он сам писал в книге «Пространство. Время. Материя»: «Открытие бесконечно малого параллельного переноса, сделанное господином Леви-Чивитой в 1917 г., дало толчок к новым исследованиям математических оснований римановой геометрии»<sup>30</sup>.

Суть новой геометрии, открытой Вейлем, состоит в том, что в ней, в отличие от римановой геометрии, векторы (тензоры) при параллельном переносе меняют свою длину. А поскольку свойство римановой геометрии

<sup>28</sup> Цит. по кн.: *Визгин В. П.* Единые теории поля в первой трети XX века. С. 76.

<sup>29</sup> *Ньюмен М. Г. А.* Герман Вейль // *Успехи мат. наук*, 1976. Т. 31. Вып. 4. С. 240.

<sup>30</sup> Цит. по кн.: *Визгин В. П.* Единые теории поля в первой трети XX века. С. 89.

в сохранении длины при переносе на конечные расстояния является проявлением «принципа дальнего действия», он предложил его заменить «ближдействующим принципом». Согласно этому принципу, векторы изменяют длину при инфинитезимальном переносе пропорционально некому скаляру, который играет роль своеобразной (второй) линейной метрики, представимой в виде  $d\varphi = A_\mu dx^\mu$ . Таким образом, в геометрии Вейля наряду с метрическим тензором  $g_{\mu\nu}$ , описывающим гравитацию, возникает еще вектор  $A_\mu$ , который в своей физической модели он предложил интерпретировать как электромагнитный векторный потенциал. Вейль по поводу своей геометрии заметил: «Изложенная мною геометрия... — это настоящая „ближнегеометрия“ (wahre Nahegeometrie). Было бы удивительно, если бы в природе вместо нее реализовалась некая половинчатая и непоследовательная ближнегеометрия с приклеенным к ней электромагнитным полем (mit einem angeklebten elektromagnetischen Feld)»<sup>31</sup>. Под «половинчатой непоследовательной ближнегеометрией» здесь подразумевалась риманова геометрия, в которой присутствует лишь метрический тензор, но нет векторного поля.

В итоге у Вейля получилась элегантная и достаточно любопытная теория, в рамках которой был еще введен ряд важных для физики понятий, таких, как конформные преобразования, тензор Вейля и др. Он писал: «Согласно этой теории вся действительность, т. е. все, что существует в мире, есть проявление мировой метрики; не существует никаких других физических понятий, кроме как геометрических»<sup>32</sup>. Напомним, что нечто подобное ранее утверждал В. Клиффорд, а уже позже стали говорить А. Эйнштейн, а за ним Дж. Уилер.

Однако анализ теории Вейля показал ее непригодность для целей геометризации электромагнетизма. Эйнштейн и другие авторы увидели в ней ряд недостатков. Прежде всего, согласно этой теории, в действии отсутствовали необходимые квадратичные слагаемые для тензора напряженности электромагнитного поля, что приводило к необходимости использования в качестве действия квадрата тензора кривизны. Последнее приводило к уравнениям поля выше второго порядка. Далее возникали трудности с отождествлением уравнений движения с геодезическими. Отмечались и другие недостатки, которые заставили искать иные варианты геометрического объединения гравитации и электромагнетизма.



А. С. Эддингтон (1882–1944)

Этим занялся В. Паули (1900–1958), пытавшийся подправить физическую теорию Вейля, а затем А. С. Эддингтон (1882–1944), который показал, что для данной цели можно использовать еще более общий случай

<sup>31</sup> Альберт Эйнштейн и теория гравитации. С. 527.

<sup>32</sup> Цит. по кн.: *Визгин В. П.* Единые теории поля в первой трети XX века. С. 96.

геометрии вейлевского типа (с сегментарной кривизной). Но и этот вариант не выдержал проверку временем. В «сухом осадке» остался лишь важный геометрический результат: открытие первой неримановой геометрии, которое по значимости можно сравнить с открытием в начале XIX века Н. И. Лобачевским, К. Гауссом и Я. Бояи первой неевклидовой геометрии.

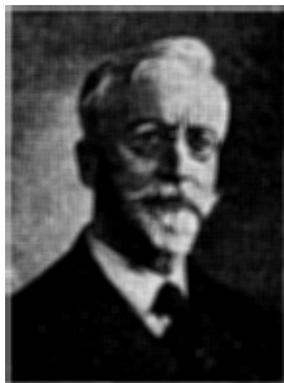
В 1922 году математик Эли Картан (1869–1951) сделал другое важное открытие в геометрии, сравнимое с открытием второй неевклидовой геометрии Риманом, — была найдена вторая нериманова геометрия с *кручением*. Она характеризуется антисимметричной частью коэффициентов связности, т. е. к символам Кристоффеля добавляется антисимметричный по нижним индексам тензор кручения. В такой геометрии нарушается всем известное из школьной программы правило параллелограмма при сложении векторов.

Физические возможности всех этих вариантов неримановых геометрий интенсивно изучались в течение всего XX века.

### 1.6.3. Пятимерная теория гравитации и электромагнетизма Т. Калуцы

В 1919 году, сразу же после создания общей теории относительности, Теодор Калуца (1885–1954) предложил геометризовать электромагнитное поле в духе эйнштейновской теории тяготения, увеличив в ней число пространственных координат на единицу. По сути дела был сделан следующий шаг по ступеням размерности от теоремы Пифагора и ее обобщений. В ранее сделанной работе Нордстрема размерность увеличивалась на единицу (до пяти) плоского пространства-времени, а в работе Калуцы, опубликованной в 1921 году, — в рамках искривленного пространства-времени<sup>33</sup>.

Основная идея Калуцы состояла в переходе от 4-мерной римановой геометрии к 5-мерной, в которой 5-мерный метрический тензор, имеет не 10, как в ОТО, а 15 компонент. Из них можно образовать десять компонент 4-мерного метрического тензора  $g_{\mu\nu}$



Э. Картан (1869–1951)



Т. Калуца (1885–1954)

<sup>33</sup> Калуца Т. К проблеме единства физики // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С. 529–534.

эйнштейновской теории гравитации, а четыре из дополнительных компонент  $G_{5\alpha}$  Калуца предложил отождествить с компонентами электромагнитного векторного потенциала  $A_\alpha$ . Таким образом, одной и той же тензорной величиной  $G_{AB}$  описывалось как эйнштейновское гравитационное, так и максвелловское электромагнитное взаимодействия. Еще одна, 15-ая компонента  $G_{55}$ , может соответствовать дополнительному геометрическому скалярному полю.

В 1920-х годах 5-мерную единую теорию гравитации и электромагнетизма развивали вслед за Калуцей Л. де Бройль, А. Эйнштейн и ряд других исследователей. Так, в статье Л. де Бройля обсуждался вопрос отождествления компоненты метрики  $G_{5\mu}$  с электромагнитным векторным потенциалом при отличной от минус единицы 15-й компоненты метрики  $G_{55}$ .

Но объявить о данной физической интерпретации компоненты метрики недостаточно: необходимо еще ее обосновать, что и было сделано посредством обобщения уравнений Эйнштейна на случай 5-мерного пространства-времени. Анализ показал, что предложенная Калуцей 5-мерная теория опирается на три основных положения. Во-первых, это уже отмеченный факт увеличения размерности от четырех до пяти. Во-вторых, нужно было допустить, что пятое измерение существенно отличается от четырех классических, проявляясь, в частности, в независимости всех компонент 5-мерной метрики  $G_{AB}$  от пятой координаты. Это так называемое *условие цилиндричности* по  $x^5$ . В-третьих, требовалось разработать специальные методы проецирования 5-мерных величин и соотношений на классическое 4-мерное пространство-время. У Калуцы еще не было корректно представленной методики, она появилась позже. А тогда эта задача была решена, если можно так сказать, в первом приближении. Но, тем не менее, Калуцей были получены чрезвычайно важные результаты, которые часто называют «чудесами Калуцы»:

1. Оказалось, что пятнадцать 5-мерных уравнений Эйнштейна распадаются на систему из десяти обычных 4-мерных уравнений Эйнштейна, на четыре уравнения Максвелла (из второй пары уравнений) и остается еще одно («лишнее») уравнение для скалярного поля.
2. В десяти 4-мерных уравнениях Эйнштейна, записанных для 5-мерного вакуума (электровакуума), автоматически возникает тензор энергии-импульса электромагнитного поля, который в теории Эйнштейна приходилось вводить в правую часть волевым образом. При этом из принципа соответствия со стандартной теорией следовал вывод, что координата  $x^5$  обязательно должна быть пространственно-подобной. Таким образом, в теории Калуцы речь шла о 4-мерном пространстве, существование которого пророчески предсказывалось рядом авторов в XIX веке.
3. Четыре из пяти 5-мерных уравнений геодезической (экстремальной) линии совпадают с известными 4-мерными уравнениями движения заряженной частицы в гравитационном и электромагнитном полях, если предположить, что пятая компонента 5-мерной скорости имеет

смысл отношения электрического заряда  $q$  частицы к ее массе  $m$ , а пятая компонента импульса с точностью до коэффициента приобретает смысл электрического заряда. Пятое уравнение геодезической линии тогда означает постоянство отношения  $q/m$ .

4. Известное в электродинамике калибровочное преобразование электромагнитного потенциала оказывается обусловленным допустимыми преобразованиями пятой координаты.

Таким образом, история преподнесла физикам любопытный урок: ожидания, связанные с проявлением дополнительной размерности непосредственно через координату  $x^5$ , не оправдались, хотя Э. Мах и некоторые другие размышляли о ее возможном физическом смысле. Оказалось, что пятое измерение проявляется не через координату, а через дополнительные компоненты 5-мерного метрического тензора. Потом был осознан физический смысл пятой компоненты импульса, и только затем стали делать выводы о природе пятой координаты.

Кроме того, в дополнение к условию цилиндричности метрики по  $x^5$  следует постулировать замкнутость мира по пятой размерности с очень малым периодом лишь на порядок (на множитель — корень из постоянной тонкой структуры), отличающийся от планковской длины  $l_{pl} = \sqrt{\hbar G/c^3}$ . Говорят, что *мир компактифицирован по пятой координате*.

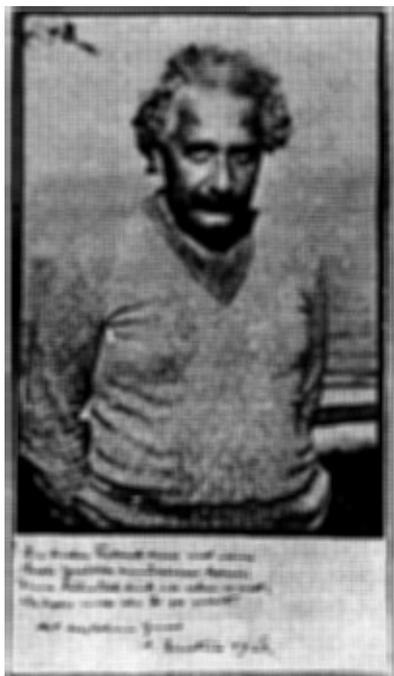
#### 1.6.4. А. Эйнштейн и идеи Вейля, Калуцы и Картана

39

Известно, что первый вариант статьи Т. Калуцы был прислан на отзыв А. Эйнштейну в начале 1919 года и в своем ответе от 21 апреля 1919 года он писал Калуце: «Сама идея, что величины электрического поля взаимосвязаны (...) также часто и неизменно занимали меня. Однако мысль, что это может быть достигнуто посредством введения 5-мерного цилиндрического мира никогда не приходила мне в голову и кажется совершенно новой. Ваша идея мне сразу очень понравилась...»<sup>34</sup>. Однако у Эйнштейна были замечания и вопросы по работе (которые, кстати сказать, стояли перед физиками в течение нескольких последующих десятилетий). Эйнштейн дал добро на публикацию статьи Калуцы лишь спустя два с половиной года, и она вышла только в конце 1921 года.

Читая изданный у нас 4-томник работ Эйнштейна, можно увидеть, что он длительное время колебался, какое из двух направлений, — Калуцы или аффинной геометрии Вейля–Эддингтона, — признать более плодотворным. В теориях Вейля и Эддингтона использовалось привычное 4-мерие, однако при этом геометрия уже нериманова, а в 5-мерной теории Калуцы геометрию можно по-прежнему считать римановой, однако при этом приходится смириться с увеличением размерности. Последнее было связано с преодолением серьезного психологического барьера.

<sup>34</sup> Фридман Д. З., Ньюенхайзен П. Скрытые измерения пространства-времени // В мире науки. 1985. № 5. С. 65.



А. Эйнштейн (1928 г.)

ромагнитных взаимодействий. В 1929 и 1930 годах Эйнштейн увлекся исследованиями пространств с абсолютным параллелизмом, которые возможны при наличии кручения, а уже в 1931 и 1932 годах в своих статьях с Майером опять стал анализировать 5-мерную теорию, правда, в оригинальном варианте: в рамках 4-мерия, но с учетом 5-мерных векторов. При этом им высказывались критические замечания по теории Калуцы. Но в совместной статье с П. Бергманом (1938 г.) он уже положительно отзывался о работе Калуцы и даже предложил ее обобщение, которое состояло в замене условия цилиндричности (независимости) от 5-й координаты, использованное Калуцей, на условие цикличности по дополнительной координате.

Наконец, самый последний разрабатываемый Эйнштейном вариант объединения гравитации и электромагнетизма строился на основе геометрии с несимметричной метрикой, что можно трактовать как использование геометрии с кручением.

Многие считают, что в погоне за созданием единой геометрической теории гравитации и электромагнетизма Эйнштейн бесплодно истратил более 30 лет жизни. С подобным утверждением нельзя согласиться. В первых, за эти годы им было проанализировано множество интересных

В статьях 1923 года «К аффинной теории поля» и «Теория аффинного поля» Эйнштейн явно склоняется к 4-мерной аффинной геометрии. Чуть позже в работе 1926 года «Неевклидова геометрия и физика» он делает критические замечания по теориям этого типа, тем не менее, он назвал «идеи, развившиеся из неевклидовой геометрии в высшей степени плодотворными»<sup>35</sup>. А в 1927 году в статье «К теории связи гравитации и электричества Калуцы» Эйнштейн уже высказывается в пользу 5-мерной теории Калуцы.

Вскоре после открытия Э. Картаном геометрий с кручением А. Эйнштейн уже фактически оказался между трех огней. В итоге ему пришлось выбирать, какой вариант обобщений его теории, — 5-мерие Калуцы, геометрия с неметричностью Вейля или геометрия с кручением Э. Картана, — наиболее подходит для геометризации элект-

<sup>35</sup> Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 2. М.: Наука, 1966. С. 182.

логических схем объединения гравитации и электромагнетизма, среди которых теория Вейля, теория с несимметричной метрикой, геометрия с абсолютным параллелизмом, 5-мерные теории типа Калуцы и Клейна и др. И в каждый из этих вариантов он внес что-то новое. Особо следует выделить совместную работу А. Эйнштейна и П. Бергмана по 5-мерной теории, где была высказана идея о компактификации пространства вдоль пятого измерения. В ней был впервые развит монадный метод 1+4-расщепления 5-мерного многообразия на 4-мерный классический мир и дополнительное пятое измерение.

Эйнштейн, действительно, был очень успешен в своих научных поисках. На его счету, как минимум, три классических открытия: создание специальной теории относительности, общая теория относительности и весомый вклад в квантовую теорию, за который ему была присуждена Нобелевская премия. Образно говоря, ему удалось снести три «золотых яйца». Уже после этих достижений Эйнштейн стремился получить следующий, не менее значительный результат — построить единую геометрическую теорию поля.

В этом контексте примечательна стихотворная надпись Эйнштейна (1928 г.) на фотографии<sup>36</sup>, подаренной им одному из коллег коллегами (Георгенталь, 1978 г.), которая приводится здесь в переводе Н. В. Мицкевича:

Немного техники порой  
Займет мечтателя игрой,  
И я, как курица, клохчу —  
Еще одно с тобой яйцо снести хочу.

41

Однако снести еще одно «золотое яйцо» не удалось.

Наибольшую трудность для Эйнштейна представляла проблема геометризации массивной материи (частиц). Считая правую часть уравнений дефектом своей теории, он писал: «Правая часть включает в себя все то, что не может быть пока объединено в единой теории поля. Конечно, я ни одной минуты не сомневался в том, что такая формулировка есть только временный выход из положения, предпринятый с целью дать общему принципу относительности какое-то замкнутое выражение. Эта формулировка была ведь по существу *не более* чем теорией поля тяготения, несколько искусственно оторванного от единого поля еще неизвестной структуры»<sup>37</sup>. Эйнштейн всячески избегал везде, где это было возможно, написания тензора энергии-импульса в правой части своих уравнений. Он говорил, что его теория покоится на двух ногах: одной «монокристаллической» (левой, геометрической части уравнений) и другой «глиняной» (правой, физической части уравнений).

<sup>36</sup> Эта фотография была передана автору немецкими коллегами во время международной школы-семинара в Георгентале (ГДР) в 1978 г.

<sup>37</sup> *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 286.

## 1.7. Геометродинамика Уилера

Самым видным и последовательным сторонником клиффордской идеи всеобщей геометризации материи (монистической парадигмы в геометрии) во второй половине XX века являлся Дж. Уилер (1911–2008), развивавший в рамках этого подхода 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, нектвантованного заряда и массы. Все эти четыре понятия описываются с помощью пустого искривленного пространства без каких-либо добавлений к принятой теории»<sup>38</sup>. 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.



Дж. Уилер (1911–2008)

42

Электромагнитное поле не является особым „объектом“<sup>39</sup>. «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»<sup>40</sup>.

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 1920-х годах. Райнич заметил, что из уравнений Эйнштейна в электровакууме можно алгебраически выразить компоненты тензора электромагнитного поля через компоненты тензора Риччи (кривизны  $R_{\mu\nu}$ ). В интерпретации Уилера это означает возможность понимать электромагнитное поле как своеобразные электромагнитные «следы» на искривленном пространстве-времени.

<sup>38</sup> Уилер Дж. Гравитация, нейтрино и Вселенная. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1962. С. 218.

<sup>39</sup> Там же. С. 334.

<sup>40</sup> Там же. С. 229.

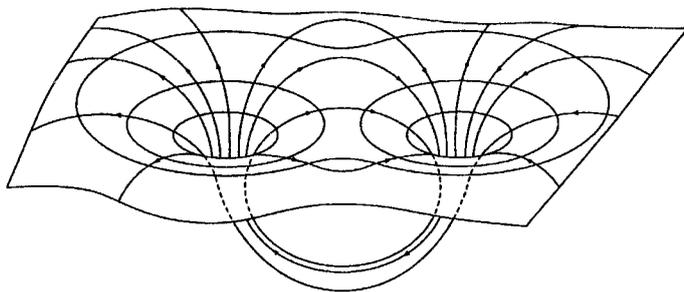


Рис. 2. Заряды в геометродинамике Уилера

«Массу без массы», т. е. частицы, Уилер предлагает вводить, используя более сложную топологию пространства-времени. Позволим себе напомнить, что топология изучает общие геометрические свойства объектов и многообразий, 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 (см. рис. 2).

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 устье, 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 полагал, 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»...<sup>41</sup>.

В теории Уилера имеется много любопытных соображений о метрических и топологических свойствах пространства-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 натолкнулась на существенные трудности. Это заставило Уилера и его сотрудников временно заняться исследованиями моделей промежуточного характера. В частности, к такому относился поиск частицеподобных решений совместных систем из уравнений Эйнштейна, Максвелла и других полей.

Дж. Уилер 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.

Дж. Уилер предпринимал большие усилия для выяснения вопроса: Возможно ли совместить классическую геометродинамику с квантовой теорией? И отвечая на свой собственный вопрос — «В каком же отношении друг к другу стоят тогда геометродинамика и мир элементарных частиц?» — Уилер 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»<sup>42</sup>.

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.

## 1.8. Семь составляющих программы всеобщей геометризации физики

Подводя итог, можно выделить семь главных составляющих геометрической парадигмы, фактически представляющих собой ступени на пути к реализации глобальных замыслов В. Клиффорда и А. Эйнштейна по геометризации всей физики.

*Первой составляющей* является само создание и развитие общей теории относительности, в рамках которой была осуществлена геометризация гравитационного взаимодействия.

<sup>41</sup> Уилер Дж. Гравитация, нейтрино и Вселенная. С. 335.

<sup>42</sup> Там же. С. 230.

Ко второй составляющей отнесем применение общей теории относительности для описания Вселенной в целом, осуществляемое на основе космологических решений уравнений Эйнштейна.

Напомним, что начало этим исследованиям положили работы Н. И. Лобачевского, Б. Римана и В. Клиффорда сразу же после открытия неримановых геометрий и задолго до создания общей теории относительности.

Одновременно с общей теорией относительности интенсивно развивалась квантовая теория, поэтому единая геометризованная теория мироздания не могла считаться полной без включения в нее закономерностей квантовой теории. Отнесем к *третьей составляющей* геометрической парадигмы **решение проблемы совмещения принципов общей теории относительности (геометрического подхода) и квантовой теории поля.**

Заметим, что решение этой проблемы лежит в пограничной области между геометрическим и теоретико-полевым миропониманиями. При ее рассмотрении возникает ряд глубоких вопросов концептуального характера, не решенных до настоящего времени.

*Четвертой составляющей* или ступенькой на пути восхождения к вершине геометрического миропонимания назовем **обобщения эйнштейновской теории гравитации с целью геометризации электромагнитного взаимодействия**, также классического поля, как и гравитационное, медленно убывающего с расстоянием.

Обсуждался ряд вариантов решения этой задачи, как в рамках обобщений 4-мерной геометрии (геометродинамики Уилера, геометрий с сегментарной кривизной Вейля, геометрий с кручением Картана и других вариантов), так и в рамках римановых геометрий в пространственно-временных многообразиях большей, нежели 4, размерности. Время показало, что наиболее перспективной оказалась 5-мерная теория Калуцы.

В 20–30-х годах возлагались слишком большие надежды на поиск единой геометрической теории гравитации и электромагнетизма. Ожидалось, что она радикально изменит представления об окружающем мире. Однако время шло, а результатов не было, причем это происходило на фоне бурно развивающейся квантовой теории и физики микромира. Во второй половине 30-х годов эйфория геометризации сменилась резким отторжением всего этого направления исследований.

Известный японский физик-теоретик Р. Утияма так описал атмосферу, сложившуюся вокруг исследований геометрических единых теорий поля: «Все физики мира, особенно юные гении и талантливая молодежь, ставившие своей целью создание и развитие новой науки, сосредоточили внимание на проблемах квантовой физики. Число интересующихся едиными теориями поля все падало, а в конце концов остались всего две–три научные школы, занимавшиеся проблемами общей теории относительности и единой теорией поля. Ею занимались перевалившие на вторую половину жизни старики, а интересующихся этой темой молодых людей „физическое“ общественное мнение третировало как оригиналов со странностями, людей не от мира сего... Что бы ни говорили вокруг, а в глубине души

я считал себя талантливым, поэтому, разумеется, тоже специализировался на квантовой физике. Но (какое несчастье!) я имел еще интерес к теории относительности и единой теории поля, настолько сильный, что не мог бросить эти занятия. Конечно, заниматься этими вещами открыто, официально означало самому себе наклеить ярлык человека „с приветом“, странного оригинала. В то время я был холост, и подобная репутация очень затруднила бы мне вступление в брак. В таких обстоятельствах невозможно было не хранить в глубокой тайне свое увлечение единой теорией поля»<sup>43</sup>. Отголоски такого отношения к исследованиям единых теорий поля можно услышать и в настоящее время.

*Пятая ступень* связана с дальнейшим **обобщением геометрической теории с целью геометризации всех других бозонных полей переносчиков физических взаимодействий**. Здесь имеются в виду векторные поля, переносящие электрослабые (поля векторных Z- и W-бозонов) и сильные взаимодействия (восемь видов векторных глюонов). Построение такой теории означает геометризацию наряду с гравитационным также электрослабых и сильных взаимодействий.

Очевидно, что во времена создателей геометрической парадигмы (В. Клиффорда, А. Эйнштейна, Г. Вейля, Э. Картана) об этом еще трудно было говорить, однако замах на всеобщую геометризацию физики делает эту задачу вполне естественной после геометризации электромагнитного взаимодействия.

46

Поскольку при попытках геометризации электромагнитного взаимодействия был найден ряд обобщений римановой геометрии, то естественно встал вопрос о **возможных физических проявлениях обобщенных дифференциальных геометрий безотносительно к задаче геометризации известных физических взаимодействий**. Отнесем исследования такого рода к *шестой составляющей* программы геометризации физики. В качестве примеров таких исследований можно назвать анализ возможных проявлений конформных преобразований, вытекающих из теории Вейля, построение и анализ теории Эйнштейна—Картана (с кручением), исследование некомпактифицированных многомерных геометрических моделей, финслеровых геометрий и т. д.

Наконец, к завершающей *седьмой ступени* развития геометрического миропонимания можно отнести **геометризацию источников известных взаимодействий — самих массивных заряженных частиц** (электронов, нуклонов и т. д.). Решение этой задачи должно означать восхождение на самую вершину геометрического описания физической реальности.

Сразу же следует отметить, что на эту вершину пока не удалось подняться ни Эйнштейну, ни кому-либо после него, хотя это составляло «хрустальную мечту» многих физиков-теоретиков всего мира.

В идеале ожидалось, что удастся построить элементарные частицы в виде решений либо самих уравнений Эйнштейна, либо более общих

<sup>43</sup> Утияма Р. К чему пришла физика. М.: Знание, 1986. С. 110.

уравнений, в которых осуществлена геометризация и других полей. Частицы мыслились в виде неких устойчивых искривлений пространства-времени, удерживаемых нелинейностями. Однако, пока это сделать не удалось, Дж. Уилер и другие авторы предлагали изучать упрощенные модельные задачи, в которых искались солитонные решения совместных системы из нелинейных уравнений скалярных или векторных полей в искривленном пространстве-времени. Полагается, что опыт, полученный на этих моделях, позволит упростить решение глобальной задачи.

Следует подчеркнуть, что часть из перечисленных составляющих геометрического подхода к физике (геометрической парадигмы) имеет межпарадигмальный характер. В первую очередь, это относится к третьей составляющей — к проблеме совмещения принципов ОТО и квантовой теории. Кроме того, нужно иметь в виду еще одно обстоятельство: поскольку теории электрослабых и сильных взаимодействий уже были построены в рамках теоретико-полевого подхода, то решение задачи геометризации этих взаимодействий (пятой составляющей) невольно заставляет обращаться к достижениям в рамках иной парадигмы.

Вместе с тем, вторая составляющая: построение космологических моделей, а также шестая: поиск физических проявлений обобщенных геометрий всецело относятся к сфере геометрической парадигмы.

## Глава 2

# Создание гравитационного сообщества в СССР

*Сотрудничество в научной работе распределяется между коллективами ученых, работающих по данному вопросу. Работы ученого, проходящего вне коллектива, обычно остаются незамеченными...*

*Как во времена Ломоносова, так и в наше время, чтобы ученый своими работами мог влиять на коллективную работу, необходимо личное общение, необходим живой обмен мнениями, необходима дискуссия, всего этого не может заменить ни печатная работа, ни переписка. Почему это происходит, не так легко объяснить. Я думаю, что большинство из нас по своему опыту знает, как необходим личный контакт между людьми при согласовании творческой деятельности. Только когда видишь человека, видишь его лабораторию, слышишь интонацию его голоса, видишь выражение его лица, появляется доверие к его работе и желание сотрудничества с ним...*

*Сейчас необходимость личных контактов между учеными принимается как нечто само собой разумеющееся как нашими, так и зарубежными учеными. Таких контактов становится все больше, и теперь они обычно осуществляются в широких масштабах путем конгрессов и съездов<sup>1</sup>.*

П. Л. Капица

В предыдущей книге уже говорилось о том, как идеи геометрического подхода к физике были восприняты отечественными физиками-теоретиками первого и второго поколений: Я. И. Френкелем, А. А. Фридманом, В. А. Фоком, а затем Л. Д. Ландау, Д. Д. Иваненко, В. А. Амбарцумяном, Г. Гамовым и другими. Более того, эти идеи были не только приняты и освоены, но и развиты дальше. При этом советским ученым удалось получить ряд результатов мирового значения. Так, А. А. Фридманом были найдены однородные изотропные космологические решения уравнений

---

<sup>1</sup> Капица П. Л. Эксперимент. Теория. Практика. М.: Наука, 1981. С. 342–343.

Эйнштейна, составляющие основу современных представлений о Вселенной. В конце 20-х годов В. А. Фок и Д. Д. Иваненко впервые записали уравнения Дирака в искривленном пространстве-времени. А в 30-х годах В. А. Фок одновременно с А. Эйнштейном и Л. Инфельдом показал, что из уравнений Эйнштейна следуют уравнения движения. Были получены и другие важные результаты, правда, в рамках уже сложившейся общей теории относительности.

Однако дальнейшее развитие этого направления исследований в нашей стране было существенно осложнено в силу несоответствия принципов геометрической парадигмы догматам марксистско-ленинского диалектического материализма. В первой книге говорилось о заседании методологического семинара, посвященного общей теории относительности, которое состоялось в 1952 году на физическом факультете МГУ. Напомню выдержки из выступления секретаря парткома физфака МГУ Шушпанова:

«Теория относительности Эйнштейна есть ни что иное как наукообразная попытка обоснования воображаемых преимуществ современного „физического“ идеализма перед действительными преимуществами диалектического материализма...

Синтез буржуазной науки с религией глубже и полнее всего осуществленный в теории относительности, знаменует собой крах буржуазного теоретического мышления, подготовленный всем историческим ходом развития классового общества, начиная с эпохи буржуазного Возрождения и кончая эпохой империалистического Разложения...

Со стороны своего философского содержания теория относительности Эйнштейна есть не что иное как молодой релятивистский шакал субъективного идеализма, гложущий старые метафизические кости ньютоновской механики. Поэтому декларативные выпады „творчески-активных“ физиков против „отечественных философов-марксистов“ — следует рассматривать как чисто американский прием борьбы против материализма».

Но вот прошло менее 8 лет, и ситуация в стране существенно изменилась: общая теория относительности уже не трактовалась как буржуазное идеалистическое лжеучение. Более того, на государственном уровне было принято решение о поддержке и активизации исследований в области общей теории относительности и гравитации. Крупным событием в этот период стало создание сообщества физиков-гравитационистов.

Несомненно, большой вклад в развитие этого процесса внес Д. Д. Иваненко, обладавший, пожалуй, наиболее широким научным кругозором среди отечественных физиков-теоретиков. Он был в курсе важнейших исследований по фундаментальной теоретической физике не только в нашей стране, но и за рубежом и внимательно следил за периодикой. Кроме того, он пользовался достаточно большим авторитетом и имел богатый опыт организации совещаний и конференций, берущий начало от первых ядерных конференций конца 20-х — начала 30-х годов.

## 2.1. Предпосылки создания гравитационного сообщества в СССР

Главной причиной огромного интереса к общей теории относительности и гравитации, доселе пребывавшей в тени, явилась мировая эйфория 50-х годов, вызванная созданием термоядерного оружия, атомных электростанций, ракетной техники, радиолокации и т. п. 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. Все помнили, что огромные источники атомной энергии опирались на знаменитую эйнштейновскую формулу  $E = mc^2$ , 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 общей теории относительности и гравитации.

Как и в случае развертывания ядерных исследований, интенсивная работа в области общей теории относительности началась в США и в Западной Европе.

В 1957 г. была созвана первая международная гравитационная конференция в Чапел Хилле (США), затем два года спустя, в 1959 г., состоялась вторая международная конференция в Париже. Тогда же был создан международный гравитационный комитет с целью активизации и координации исследований в этой области современной физики, куда, вошли два представителя от СССР: академик В. А. Фок и профессор Д. Д. Иваненко, участвовавшие в гравитационной конференции во Франции.

Иваненко быстро оценил ситуацию и приступил к активным действиям. Вернувшись из Франции (1959), он составил письмо, призывающее способствовать развертыванию работ в этой области, и разослал его в самые высокие руководящие инстанции, вплоть до генсека Н. С. Хрущева. Приведу фрагмент из этого письма.

*«Научная и техническая важность вопросов гравитации заставляет обратить внимание на состояние советской науки в данной области и предложить ряд мероприятий, направленных на развитие этих проблем и предотвращение отставания. Проблемы тяготения (гравитации), некоторое время бывшие в тени, в последние годы вновь начали привлекать внимание. Число публикуемых работ увеличилось примерно в 5 раз. Два года назад в США была созвана первая международная конференция по гравитации, в июне нынешнего года в Париже состоялась вторая конференция, созванная Французским национальным центром под шефством Международного Союза чистой и прикладной физики, в которой впервые приняла участие небольшая советская делегация (В. А. Фок — АН СССР и Ленинградский университет, А. З. Петров — Казанский университет, Д. Д. Иваненко — Московский университет), в ней участвовали 4 делегата Польши, более 10 англичан, 28 американцев и т. д., всего около 100*

человек. На последней конференции была создана постоянная комиссия по гравитации с целью подготовки следующего конгресса и установления контактов, в которую от Советского Союза вошли академик В. А. Фок и проф. Д. Д. Иваненко.

Важнейшими вопросами современной гравитации являются:

1. Обнаружение скорости распространения гравитации.
2. Обнаружение гравитационных волн, несущих энергию.
3. Проверка равенства гравитационной и инертной массы (опыт типа Этвеша).
4. Прецизионное измерение константы тяготения с целью обнаружения ее возможных вариаций.
5. Развитие теории гравитации как в смысле дальнейшего исследования уравнений Эйнштейна, так и проведение квантования поля тяготения; обнаружение возможных превращений поля тяготения в обычную материю; выяснение роли тяготения в структуре элементарных частиц.
6. Прецизионное исследование поля тяготения Солнца, Земли, планет с целью обнаружения вариаций.
7. Исследование гравитации в космологических масштабах, выявление эволюции известной части Вселенной, обнаружение возможной антигравитации.

Для экспериментального исследования указанных вопросов начали применяться новейшие средства электроники, атомные часы, готовятся эксперименты с помощью спутников. Исследование всех указанных вопросов имеет очень большое принципиальное значение, оно вместе с тем содействует развитию точнейшего эксперимента и наряду с разнообразными геофизическими следствиями по всей видимости в близком будущем приведет к непосредственным техническим применениям. Достаточно в этой связи указать на последствия, которые может иметь открытие скорости распространения гравитации на ракеты типа фотонных, двигающиеся с огромными скоростями.

Оценивая современную ситуацию, следует отметить большой размах, который приняли работы по гравитации в США, специально в университете Принстона, который может считаться одним из самых крупных научных центров в этой области, во главе которого стоит проф. Уилер (J. A. Wheeler) и где проводятся опыты Дикке (R. H. Dicke). Другой центр находится в университете Мэриленда во главе с проф. Вебером, ставящим ряд опытов. Обращает на себя внимание большое число лиц, специализирующихся в области гравитации, что позволило США прислать на Парижский конгресс 28 делегатов. Поездка этих делегатов, как и на предыдущие конференции, были в значительной мере финансированы Райтовским центром и Министерством Военно-Воздушных сил США, которые, судя по публикациям работ, финансируют также часть работ.

*Вместе с тем, несмотря на высокий уровень ряда теоретических работ по тяготению и некоторых работ по гравиметрии, в Советском Союзе уделяется совершенно недостаточное внимание современным проблемам гравитации, как в отношении постановки современных экспериментов, так и масштаба подготовки специалистов. Мы полагаем такое положение вещей нетерпимым и требующим незамедлительного изменения. Учитывая наличие в стенах Московского университета специалистов в различных областях науки, связанных с гравитацией, мы считаем целесообразным создать в МГУ крупную проблемную лабораторию по гравитации, которую в дальнейшем можно будет развернуть совместно с Академией наук СССР и другими организациями в Институт гравитации»<sup>2</sup>.*

Далее в письме предлагались незамедлительные меры в виде создания на физическом факультете МГУ двух кафедр: гравитации и гравиметрии, перечислялись первоочередные задачи этих подразделений, указывался возможный штат (примерно, 100 человек), финансовые затраты, необходимое оборудование и зарубежные центры, куда следовало бы послать молодых специалистов на стажировку.

Активные действия Иваненко, включая чуть ли не ежедневное хождение по инстанциям (в Минвуз СССР, в президиум АН СССР, в отдел науки ЦК КПСС) привели к сравнительно скромным результатам: в 1960 году в Казанском университете была создана первая в стране кафедра теории относительности и гравитации во главе с профессором А. З. Петровым, а в Московском университете при кафедре гравиметрии Государственного астрономического института имени Штернберга (ГАИШ) в январе 1961 года была образована гравитационная группа из 3 человек во главе с Д. Д. Иваненко, куда вошли Д. Ф. Курдгелайдзе, З. Н. Левитская и я<sup>3</sup>.

## 2.2. Первая советская гравитационная конференция

Но самое важное состояло в том, что в Минвузе было принято решение о проведении Первой советской гравитационной конференции на базе физического факультета МГУ. Председателем оргкомитета конференции был назначен Д. Д. Иваненко<sup>4</sup>. Ученым секретарем конференции был на-

---

<sup>2</sup> Из архива автора.

<sup>3</sup> Из пяти своих дипломников, окончивших в том году физический факультет, Иваненко выбрал меня, по-видимому, рассчитывая не столько на вклад в разработку его научной тематики, сколько на помощь в организационной деятельности. Что же касается Курдгелайдзе, который был намного старше меня, то к организационной работе он не был склонен; а зачисление Зои Левитской, как оказалось, было платой за организацию группы в стенах института.

<sup>4</sup> В результате вся техническая работа по организации 1-й Советской гравитационной конференции пришлась на меня, хотя официально я числился техническим секретарем оргкомитета конференции. Все, кто знаком с организацией мероприятий подобного масштаба,

значен сотрудник физфака МГУ, в то время кандидат физ.-мат. наук Владимир Борисович Брагинский<sup>5</sup>.

Заседания 1-й Советской гравитационной конференции проходили на физическом факультете МГУ с 27 июня по 1 июля 1961 года. Видимо, мало сказать, что она явилась смотром состояния отечественных исследований по теории гравитации (и, — шире, — теории пространства-времени). Конференция свела вместе представителей различных научных центров, послужила координации их исследований, выявив наиболее актуальные направления, и т. д. Все это можно найти в официальных отчетах. Постараюсь оценить ее роль спустя полстолетия.

### 2.2.1. Актуальные проблемы отечественных исследований по гравитации

Прежде всего, следует отметить, что конференция продемонстрировала достаточно высокий уровень отечественной мысли в этой области фундаментальной теоретической физики, несмотря на недоброжелательное отношение власти к общей теории относительности в течение ряда лет. На конференции впервые состоялся своего рода смотр достижений отечественных исследований по теории пространства-времени и гравитации за минувшие годы. Стало ясно, что теперь можно с полным основанием говорить о сложившейся дисциплине в теоретической физике.

Из наиболее существенных исследований, доложенных на конференции, следует назвать выступление профессора А. З. Петрова (Казанский университет) по алгебраической классификации пространств Эйнштейна. Этот результат мирового уровня был получен им в 50-х годах, а в 1961 году вышла его книга. Сегодня работы Петрова признаны во всем мире, а термин «Классификация Петрова пространств Эйнштейна» стал общеизвестным. В 60-х — начале 70-х годов в мировых гравитационных исследованиях наблюдался бум по применению классификации Петрова сначала для поиска критериев гравитационных волн, затем для поиска точных решений уравнений Эйнштейна. Открытие Петрова значительно продвинуло понимание как самих уравнений Эйнштейна, так и представление о характере их решений.

Еще один важный результат был представлен в докладе А. Л. Зельманова о теории хронометрических инвариантов, которая стала необходимой составной частью теории гравитации Эйнштейна. Полученный результат позволял определить понятие системы отсчета в искривленном простран-

---

представляют, что это такое в условиях советской бюрократии, когда каждый шаг требовал согласований, различного рода писем, документов и телефонных звонков. Все составляло проблему: от печатания тезисов и размещения участников конференции до организации официальных приказов о проведении конференции. Принципиальные вопросы решал Д. Д. Иваненко, а технические выпали на мою долю. Детали вряд ли читателю интересны.

<sup>5</sup> Подписи ученого секретаря требовались постоянно, а найти В. Б. Брагинского можно было далеко не всегда, поэтому он разрешил мне за него расписываться. И я лихо пользовался этим, научившись расписываться, как он говорил, даже лучше, чем он сам.

стве-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, а также была найдена его кинеметрическая калибровка. В наших работах этот метод был распространен на геометрические теории большей размерности.

В целом, конференция продемонстрировала более широкий взгляд на теорию пространства и времени, чем это допускается рамками общей теории относительности. Как известно, теория гравитации Эйнштейна основана на обобщении метрических свойств пространства-времени, но это далеко не все его свойства. Многие виднейшие ученые мира сознавали это и вели поиск, исследуя возможные обобщения эйнштейновской теории гравитации. Это хорошо видел и всячески поддерживал Иваненко. Думается, только он тогда мог осознать истинную важность подобных работ и поднять их на должную высоту. Этого не могли в то время сделать ни Л. Д. Ландау, ни В. А. Фок, ни В. Л. Гинзбург, ни кто-либо другой. Примечательно, что Ландау и даже Фок не участвовали в этой конференции. Видимо, на это были разные причины. Не последнюю роль играли личные взаимоотношения Иваненко с названными академиками. Кроме того, следует подчеркнуть, что как Ландау, так и Фок были мастерами в решении конкретных задач в рамках уже очерченных принципов. Поиск же обобщений теории и других принципов — это качественно иной характер деятельности.

На конференции состоялось довольно широкое обсуждение обобщенной геометрической теории, опирающейся на геометрию с кручением, более общую, чем риманова геометрия, лежащая в основе ОТО. По этой теме были сделаны доклады А. Е. Левашевым, О. С. Иваницкой (из Минска), В. И. Родичевым (Москва), а также мной и некоторыми другими. Мой доклад был посвящен квантованию геометрического поля кручения и введению квантов кручения — торсионов. На следующий год мы уже, как выразился Д. Д. Иваненко, «поднимали торсионное восстание» на 3-й Международной гравитационной конференции в Варшаве. Через два-три десятилетия кручение использовалось в ряде разработок по супергравитации.

Характерно, что к исследованиям общей теории относительности у нас всегда примыкали работы по смежным вопросам теории пространства-времени, таким, как дискретность, причинность, конечность или бесконечность и т. п. К докладам такого сорта следует отнести выступление В. Г. Кадышевского «К теории квантованного пространства-времени», в котором затрагивались вопросы перехода от традиционного непрерывного к специфическому дискретному пространству и времени и обсуждалась возможность введения минимальной длины  $l = \sqrt{G/c\hbar} = 6 \cdot 10^{-17}$  см (где  $G$  - константа Ферми), причем эта квантованность связывалась со слабыми взаимодействиями. Обращают на себя внимание бытовавшие тогда попытки связать слабые взаимодействия с отказом от свойств непрерывности пространства-времени, в отличие от гравитационных взаимодействий,

ассоциированных с обобщением метрических свойств. В дальнейшем деятельность Кадышевского была неразрывно связана с идеей минимальной длины.

Проблемы построения квантовой теории гравитации обсуждались на заседаниях специальной секции, где речь фактически шла о совмещении двух групп принципов: общей теории относительности и квантовой теории поля. И хотя эта проблема не решена до сих пор, но важна была ее постановка и развернувшиеся дискуссии. На всех последующих конференциях, как отечественных, так и зарубежных, неизменно создавались секции по этой тематике.

В ряде докладов прозвучали исследования в рамках самых последних (к тому времени) идей в теоретической физике. Так, в докладе А. М. Бродского, Д. Д. Иваненко и Г. А. Соколика «Новый метод трактовки гравитационного взаимодействия» впервые в нашей стране речь шла о так называемом калибровочном (компенсационном) подходе к общей теории относительности. Это другой взгляд на содержание теории Эйнштейна — не с позиции искривления пространства-времени, а с точки зрения, если можно так сказать, «Эрлангенской программы» Ф. Клейна, т. е. теории групп. В дальнейшем это направление широко обсуждалось в связи с попытками объединить гравитацию с теориями других физических взаимодействий, построенными в рамках калибровочного подхода. Следует отметить, что указанные докладчики не являлись авторами калибровочного подхода к гравитации. Эта заслуга принадлежит Р. Утияме (1956), однако заметить и быстро поднять на щит перспективное направление — это тоже немалая заслуга. Д. Д. Иваненко почти мгновенно среагировал на его работы: «Если за компенсирующей трактовкой гравитации не стоит большое будущее, то я ничего не понимаю в теоретической физике». Здесь интуиция не обманула его.

На конференции был представлен ряд проектов гравитационных экспериментов. Среди них назовем доклад В. Б. Брагинского и Г. И. Рукмана «О возможности регистрации в лабораторных условиях гравитационного излучения», в котором не говорилось ни о сделанном открытии, ни о создании готовой установки для поиска гравитационного излучения. В нем лишь обсуждался проект довольно фантастической установки из 10 тысяч цилиндров из сегнетоэлектрика общим объемом в 40 кубических метров и сообщалось о готовности группы Брагинского приступить к реальным гравитационным экспериментам в этой области. По мнению авторов, данная установка позволит излучать и принимать гравитационные волны. Сделанный доклад обращает на себя внимание в связи с дальнейшими экспериментами В. Б. Брагинского по созданию детекторов гравитационного излучения (совсем другого характера), получившими мировое признание.

С разных сторон обсуждалась гипотеза антигравитации. Этому был посвящен доклад директора ОИЯИ в Дубне Д. И. Блохинцева, в котором показывалось, что допущение об отрицательных массах античастиц приводит к противоречию с общепринятой теорией: становится возможным

создание вечного двигателя. Вне связи с античастицами, но об антигравитации и частицах с отрицательными массами говорил Я. П. Терлецкий. Но одно дело теоретические рассуждения, а другое дело эксперимент. Коллективом авторов из Дубны был представлен доклад об экспериментальной проверке гипотезы об антигравитации.

В нескольких докладах обсуждались возможности изменения гравитационной постоянной. Потом, в 70-х годах, это вылилось в увлечение скалярно-тензорными теориями гравитации.

Во время работы конференции состоялось выездное заседание в Объединенном Институте ядерных исследований (Дубна), по окончании которого была организована экскурсия на ускоритель, которая надолго запомнилась участникам конференции.

Таким образом, спустя очень небольшое время после признания важности исследований в области общей теории относительности и космологии, выяснилось, что отечественные ученые не только владеют идеями эйнштейновской теории гравитации, но им даже тесно в ее рамках. Вполне вероятно, что в этом проявились свойства русской души, любовь к необъятным просторам и готовность к преодолению каких-либо ограничений в научном поиске. Не потому ли жесткие рамки догматов марксистско-ленинского диалектического материализма не смогли сдержать мысль отечественных ученых, а принципы общей теории относительности обнаружили свою узость? Эта тенденция неизменно проявлялась и на последующих всесоюзных, а потом российских гравитационных конференциях.

### 2.2.2. Новое поколение физиков-гравитационистов

Первая Советская гравитационная конференция занимает особое место еще потому, что на ней вошло в науку новое (уже пятое, мое) поколение ученых, которое спустя некоторое время стало определять лицо отечественной науки в этой области. Немалое число молодых учеников маститых физиков из Москвы, Тарту, Казани, Минска и других городов весомо заявило о себе, выступая с докладами и участвуя в дискуссиях.

Спустя много лет, хочется обратить внимание на соответствие тем первых докладов молодых коллег и тематики их всей дальнейшей научной деятельности. Анализ программы конференции и дальнейшего развития нашего направления представляет уникальную возможность проследить соотношение первых и дальнейших шагов в творческой деятельности сразу значительного числа исследователей. Большинство из них в дальнейшем оказались верны идеям своих первых докладов. Многократно правы утверждающие, что заложенное в человеке до 25–30 лет будет определять всю дальнейшую жизнь. Пробегая глазами по программе конференции, лишней раз убеждаешься в этой, наверное, уже банальной истине.

Так, известный впоследствии физик-теоретик и астрофизик И. Д. Новиков делал доклад «Изменение свойств пространства-времени при переходе через сингулярные сферы». Дальнейшая его научная деятельность

тесно связана с черными дырами. В 1987 году вышла его совместная с В. П. Фроловым книга «Физика черных дыр», рецензентом которой я был. Н. В. Мицкевич докладывал о локализуемости гравитационной энергии, — законы сохранения в ОТО проходят красной нитью через большинство его последующих работ. А. А. Коппель также через всю свою жизнь пронес интерес к аксиально-симметричным решениям уравнений Эйнштейна, о которых докладывал в 1961 году. Можно назвать другие имена: В. С. Брежнева, Ю. Г. Сбытова и т. д.

Хорошо или плохо сохранять верность идеям молодости, — видимо, обсуждать не стоит, — верность им это факт, подтверждаемый широкой статистикой. Что из этого следует? Судьбы людей складываются по-разному. Многое зависит от того, насколько широк кругозор и как глубоки идеи, заложенные в молодые годы. Они могут быть узкими и конкретными, тогда соответствующие им задачи могут быстро разрешиться. Человек защитит диссертацию (одну, или даже две) и дальше останавливается на своем уровне, фактически уходит из активной научной деятельности.

Может даже оказаться, что освоенные в молодости идеи еще не созрели для решения. Человек может некоторое время побиться над ними, помучиться — не получается. И он отходит от науки, начинает заниматься более материальными вещами. И такие имена приходят на ум. Есть и такие, кто заостенел в старом материале. Что говорили двадцать, тридцать лет тому назад, то и продолжают говорить с некоторыми вариациями, порой довольно наукообразными. Более везет тем, кто попадает в струю, — везение в науке далеко не последний фактор. Везет, когда на основе достаточно глубоких идей, воспринятых в молодости, с трудом, по частям, решаются проблемы, которые выстраиваются в некую цепочку, уходящую за линию горизонта, когда на их решение оказывается недостаточно всей жизни. Иногда это называют сверхзадачей.

Что касается меня, то я в молодости прошел школу Д. Д. Иваненко. Вряд ли в какой другой группе бытовал столь широкий взгляд на природу мироздания. Мне очень повезло, что с самых первых шагов попал в струю самой активной стадии развития гравитационных исследований в нашей стране. Я кое-чему научился в оргделах, но самое существенное для меня было то, что в процессе организации конференции я познакомился практически со всеми релятивистами, занимающимися в стране теорией гравитации. Я близко сошелся с Владимиром Борисовичем Брагинским, бывшим тогда ученым секретарем оргкомитета. Непосредственно перед началом конференции из Самарканда приехал бывший аспирант Иваненко Николай Всеволодович Мицкевич. Мы с ним познакомились и затем более 30 лет оставались близкими друзьями и коллегами. Тогда же я увидел профессора Ю. Б. Румера, самого стойкого в стране сторонника 5-мерной теории. На конференции я познакомился с четой: Анатолием Евгениевичем Левашевым и Ольгой Семеновной Иваницкой, сыгравшими важную роль в моей дальнейшей судьбе.

## 2.3. Координация научно-исследовательских работ по гравитации

На заключительном заседании участников первой Советской гравитационной конференции единогласно было принято решение рекомендовать проведение 2-й Советской гравитационной конференции в 1963 году на базе Казанского университета а также была выражена *«крайняя желательность создания Советской гравитационной комиссии по согласованию с Министерствами Высшего и среднего специального образования СССР, РСФСР, АН СССР и Государственного комитета по координации научных исследований при Совете Министров Союза ССР. Задачей комиссии должна явиться помощь по координации работ в области гравитации, содействие информации в области работ различных групп ученых, исследующих проблемы гравитации и содействие созыву 2-й Советской гравитационной конференции, а также установление контактов с Международной гравитационной комиссией через советских представителей, входящих в ее состав. Образовании Советской гравитационной комиссии и издание трудов конференции поручено подготовить Оргкомитету настоящей конференции».*

### 2.3.1. Создание комиссии по гравитации при НТС Минвуза СССР

Из этих решений далеко не все было выполнено. Так и не удалось издать труды 1-й Советской гравитационной конференции, не была проведена в Казани вторая Советская гравитационная конференция в 1963 году, — она состоялась в 1965 году не в Казани, а в Тбилиси. Вообще в Казани в те годы не удалось провести ни одной Всесоюзной (Советской) гравитационной конференции. Но удалось добиться самого главного — создания при Минвузе СССР комиссии по координации научно-исследовательских работ вузов по проблеме «Гравитация», которая была оформлена приказом зам Министра высшего и среднего образования СССР М. Прокофьева за № 196 от 19 мая 1962 года.

Очевидно, что при той системе организации науки, да и всей жизни в стране, ничего существенного не могло произойти без создания соответствующей государственной структуры, финансирующей, координирующей и присматривающей за соответствующими процессами. В области науки это могло происходить либо под эгидой Академии наук СССР, либо под началом Минвуза СССР. Кто возглавит гравитационное движение — зависело от активности и инициативы ведущих ученых страны. Здесь на должной высоте оказался профессор МГУ Дмитрий Дмитриевич Иваненко. У него была широкая эрудиция и необычайно острый нюх на актуальные направления в фундаментальной физике.

Из-за известных отношений Иваненко с академическими кругами из высших дипломатических соображений председателем гравитационной комиссии был назначен достаточно авторитетный ученый Алексей Зиновьевич Петров, представитель знаменитой Казанского геометриче-

ской школы, а Д. Д. Иваненко — его заместителем. Но Петров был в провинции, откуда при нашей системе реально руководить было невозможно, нужна была постоянная связь с начальством в Москве, — следовательно, фактическим руководителем был сделан Дмитрий Дмитриевич Иваненко. Иваненко все это отлично понимал, а скорее всего, это решение принималось по его подсказке. Во всяком случае, он никаких обид не выказывал и приступил к энергичным действиям. Он прекрасно знал расстановку научных сил в стране, имел наилучшие отношения и контакты с зарубежными учеными, — объективно в то время он был наиболее подходящей фигурой для руководства и координации научно-исследовательских работ в области теории гравитации. Ученым секретарем комиссии был назначен ученик Иваненко, в то время молодой кандидат наук Н. В. Мицкевич, устроенный на работу в только что организованный Университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы. Ну а правой рукой у Иваненко во всей его деятельности оказался я.

В состав гравитационной комиссии вошли наиболее влиятельные ученые, занимавшиеся проблемам, более или менее близкими к гравитации: академик В. А. Амбарцумян (Ереван), чл.-корр. АН СССР А. Д. Александров (Ленинград), д. ф-м. н. Н. Г. Басов (ФИАН), чл.-корр. АН СССР Д. И. Блохинцев (Дубна), д. ф-м. н. В. Б. Брагинский (МГУ), проф. Ю. Д. Буланже (Институт физики Земли АН СССР), доцент МГУ Н. П. Грушинский, проф. Х. П. Керес (Тарту), проф. А. Е. Левашев (Минск), чл.-корр. АН СССР М. А. Марков (ФИАН), проф. М. М. Мирианшвили (Тбилиси), чл.-корр. АН СССР Михайлов (Пулково), д. ф-м. н. Ю. Б. Румер (Новосибирск), канд. ф-м. н. М. У. Сагитов (ГАИШ МГУ), д. ф-м. н. Я. А. Смородинский (Дубна), проф. А. А. Соколов (МГУ), проф. К. П. Станюкович (МГТУ), чл.-корр. АН БССР Ф. И. Федоров (Минск), проф. В. В. Федынский (Министерство геологии), академик АН СССР В. А. Фок (Ленинград), проф. М. Ф. Широков (МАИ).

Как видно из этого списка, в состав комиссии не вошли представители школы академика Л. Д. Ландау, академики И. Е. Тамм и В. Л. Гинзбург. Заметен также процент геологов и гравиметристов, что отражало особый интерес Д. Д. Иваненко к этой научной сфере. В те годы трудно было осознать суть и движущие пружины всего происходящего. Это стало понятным много лет спустя. Несомненно, активизации деятельности в области теории гравитации и смежных вопросов фундаментальной теоретической физики способствовало ослабление идеологического давления на ученых. Наконец-то властями было осознано, что теория относительности и квантовая механика действительно описывают свойства физической реальности, отражают могущественные закономерности природы, на которые опираются все достижения техники.

Как уже отмечалось, в достижениях фундаментальной физики остро нуждался военно-промышленный комплекс страны. Но то, каким образом будет происходить развитие гравитационных исследований у нас в стране, зависело от многих объективных и субъективных факторов.

### 2.3.2. Деятельность секции гравитации

В 1967 году был повышен статус комиссии по гравитации, — она была преобразована в секцию гравитации научно-технического совета Министерства высшего и среднего специального образования СССР. Несмотря на то, что комиссия, а затем секция были созданы при Минвузе, она с самого начала рассматривалась как межведомственный координационный орган, объединяющий ученых Минвуза, академии наук, а также ряд других ведомств (Гос. комитет стандартов СССР, ОИЯИ в Дубне, межведомственного геофизического комитета и т. д.). Это было естественно, поскольку многие ведущие ученые академии наук или других ведомств одновременно являлись преподавателями вузов.

Напомним, что в деятельности секции (комиссии) следует различать три периода. В этой книге рассмотрена деятельность гравитационного сообщества на первом наиболее важном этапе существования секции с 1962 по 1972, когда происходило осмысление возможностей и содержания общей теории относительности, когда были выявлены ее ключевые проблемы и изъяны.

Официально секция гравитации как координационный орган предназначалась для решения следующих задач:

- выявления, объединения и поддержки научно-исследовательских групп и отдельных ученых, работающих в области гравитации, помощи в планировании и организации проведения научных исследований;
- содействия публикации советскими гравитационистами результатов научных исследований в отечественных и зарубежных изданиях;
- осуществления связей с зарубежными организациями, учреждениями, обществами;
- пропаганды научно-технических достижений, как отечественных, так и зарубежных ученых в области гравитации;
- содействия улучшению системы подготовки научных кадров по специальности «Гравитация», повышению профессионального уровня молодых ученых и специалистов.

Решение этих задач как на первом, так и на последующих этапах, осуществлялось в следующих формах:

1. Проведение Всесоюзных (Советских) гравитационных конференций.
2. Проведение всесоюзных школ, симпозиумов, совещаний.
3. Заседания секции гравитации.
4. Сбор ежегодных планов и отчетов научных групп и их обсуждение.
5. Подготовка кадров высшей квалификации.
6. Издательская деятельность.
7. Связь с Международным гравитационным комитетом и участие в международных конференциях и совещаниях по гравитации.

Охарактеризуем названные разделы деятельности секции гравитации и достигнутые результаты на первом этапе (за первые 12 лет — с 1961 по 1972 г.).

*Проведение Всесоюзных гравитационных конференций* рассматривалось как один из важнейших видов деятельности секции. Они созывались с периодичностью примерно раз в четыре года. Осуществлялась обстоятельная подготовка этих конференций. К их началу обязательно издавались сборники тезисов. На конференции съезжалось от 150 до 300 участников со всех регионов страны. Перечислим проведенные конференции.

1-я Советская гравитационная конференция (27 июня – 1 июля 1961 г.) в Москве (МГУ), как уже отмечалось, была наиболее важной. Именно с ее подготовки и проведения следует датировать начало деятельности отечественного гравитационного сообщества.

2-я Советская гравитационная конференция (20–27 апреля 1965 г.) в Тбилиском государственном университете закрепила успех, достигнутый на первой конференции.

Поскольку проведение 5-й Международной конференции (9–16 сентября 1968 г.) в Тбилиси было осложнено событиями в Чехословакии, и на нее приехало не так много зарубежных участников, то ее можно рассматривать как очередную отечественную гравитационную конференцию.

3-я Советская гравитационная конференция (11–14 октября 1972 г.) готовилась в рамках первого этапа деятельности секции, а проведение ее уже следует отнести ко второму этапу. Оно осуществлялось уже новым руководством сообщества.

В перерывах между всесоюзными конференциями проводились более узкие, на 40–100 человек *школы-семинары, симпозиумы, совещания*, некоторые из них фактически превратились в минikonференции по более узким тематикам. Из них следует выделить следующие:

1. Школа-семинар по проблеме энергии-импульса гравитационного поля и гравитационным волнам в Тарту (27 июня – 3 июля 1963 г.). Председателем оргкомитета был академик АН Эст. ССР Х. П. Керес.
2. Конференции по философским вопросам общей теории относительности и гравитации в Киеве. Состоялись две такие конференции в 1964 и в 1966 годах. Председателем оргкомитета был кандидат философских наук П. С. Дышлевый.
3. Симпозиумы по современным проблемам гравитации при Московском обществе испытателей природы (МОИП) проходили в Москве в старом здании МГУ в период 1968–1975 годы под председательством профессора В. И. Родичева.
4. Симпозиумы по смежным проблемам теории гравитации, геологии и гравиметрии проводились в Москве при активном участии доцента М. У. Сагитова (МГУ).

*Заседания секции* проводились примерно 3–4 раза в год, главным образом на физическом факультете МГУ. Кроме того, они проводились

в тех городах, где созывались очередные гравитационные конференции или школы-семинары (в Тбилиси, в Тарту). В заседаниях участвовало от 15 до 25 человек. В полном составе секция никогда не собиралась. В частности, представители АН СССР, как правило, игнорировали заседания секции. На заседаниях обсуждались главные текущие вопросы, такие как подготовка очередных конференций или симпозиумов, информация о международных конференциях и совещаниях, сообщения-отчеты отдельных гравитационных групп и т. д. Обсуждались также вопросы формирования советских делегаций на международные гравитационные конференции. После заседаний составлялись подробные протоколы, отражавшие содержание дискуссий.

*Сбор планов и отчетов* также играл важную роль в деятельности секции. Москвичи могли на это смотреть как на некую формальность, однако это было далеко не так для иногородних гравитационных групп. Подготовка и обсуждение отчетов на заседаниях секции создавали ощущение причастности к единому научному сообществу в масштабах всей страны. По поступившим материалам создавались сводные отчеты, которые докладывались авторитетными членами секции а затем представлялись в НТС Минвуза СССР. Руководители групп получали оплачиваемые государством командировки в Москву на заседания секции.



Группа участников летней школы по гравитации в Тарту (1963 г.): В. И. Пустовойт, В. С. Брежнев, ?, А. Боргадт, И. Г. Фихтенгольц, И. Д. Новиков, Б. Н. Фролов, М. П. Коркина, Д. Д. Иваненко, А. А. Соколов, ?, Я. И. Грановский, ?. (Фото автора)



Группа ведущих докладчиков на летней школе в Тарту: профессора Д. Д. Иваненко, Д. И. Блохинцев, А. А. Соколов, А. Е. Левашев. (Фото автора)

63

В ежегодных отчетах всех научных групп сообщались данные о *подготовке кадров высшей квалификации*. Указывались фамилии и темы защищенных кандидатских и докторских диссертаций по проблемам теории гравитации и смежных разделов физики. Всего за этот период деятельности секции было защищено около полусотни кандидатских и более 20 докторских диссертаций. Сложилось новое поколение квалифицированных физиков-гравитационистов, которое на следующих этапах деятельности секции возглавило исследования в этой области фундаментальной теоретической физики. Перечислим ряд лиц, ставших докторами в этот период: Д. Ф. Курдгелаидзе (1963 г., МГУ), А. Е. Левашев (1963 г., БГУ), В. И. Родичев (1963 г., МОПИ, Москва), Н. А. Черников (1963 г., ОИЯИ, Дубна), В. Б. Брагинский (1967 г., МГУ), В. А. Брумберг (1967, ЛГУ), П. С. Дышлевый (1968 г., Киев), В. Г. Кадышевский (1967, ОИЯИ, Дубна), В. Г. Багров (1969 г., Томский ГУ), Н. В. Мицкевич (1970 г., УДН, Москва), Ю. Л. Вартанян (1971 г., Ер. ГУ), О. С. Иваницкая (1971 г., Минск), И. Д. Новиков (1971 г., ИПМ АН СССР, Москва), В. Г. Писаренко (1971 г., Киев), П. И. Фомин (1971 г, Киев), Я. И. Грановский (1972 г., Донецк), А. П. Рябушко (1972 г, Минск), Д. М. Седракян (1972 г., Ереван), Э. В. Чубарян (1972 г., Ереван).

Важное место занимала *издательская деятельность*. Неоднократно в секции поднимался вопрос о создании журнала по гравитационной тематике, однако тогда этого сделать так и не удалось. Полученные результаты

публиковались в сборниках тезисов и трудов конференций и совещаний. Многие статьи печатались в журнале «Известия вузов» (Физика), где был выделен специальный раздел по тематике секции. Курировали этот журнал профессор А. А. Соколов, а позже В. Г. Багров. В этот период с 1963 года начал издаваться казанский сборник «Гравитация и теория относительности», организованный А. З. Петровым и просуществовавший до начала 90-х годов.

Секция гравитации заботилась о развитии связей с зарубежными коллегами. Следует иметь в виду, что в тот период этот вид деятельности был весьма затруднен. Необходимы были различные согласования и получение многочисленных разрешений. Тем не менее, руководству секции удавалось организовывать приглашение ряда иностранных коллег на отечественные конференции и добиваться разрешения на выезд хотя бы небольших делегаций советских физиков-гравитационистов за рубеж на Международные гравитационные конференции.

## Глава 3

# Международные гравитационные конференции

*Трагедия изоляции от мировой науки работ Ломоносова, Петрова и других ученых-одиночек и состояла только в том, что они не могли включиться в коллективную работу ученых за границей, так как не имели возможности путешествовать за границу<sup>1</sup>.*

П. Л. Капица

С начала 60-х годов одна за другой прошли четыре международных гравитационных конференции в Варшаве (1962 г.), Лондоне (1965 г.), Тбилиси (1968 г.) и Копенгагене (1971 г.), которые позволили познакомиться с направлениями мысли зарубежных физиков-гравитационистов и сравнить уровень их работ с отечественными исследованиями. В состав немногочисленных групп советских ученых включили и меня.

### **3.1. Третья международная конференция в Варшаве**

Важное место в развитии мировых исследований в области общей теории относительности и гравитации занимает Третья международная гравитационная конференция в Варшаве, точнее в Яблонах, в предместье Варшавы, которая состоялась с 25 по 31 июля 1962 года. 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, Дж. Вебер, Х. Бонди, С. Манделстам, Х. Меллер и многие другие.

#### **3.1.1. Наиболее важная международная конференция по гравитации**

В работе этой международной конференции впервые участвовала делегация из десяти советских ученых. По сравнению с тремя участниками на предыдущих конференциях это уже казалось беспрецедентным. Помню процедуру подготовки к этой зарубежной командировке. Это была целая

---

<sup>1</sup> Капица П. Л. Эксперимент, теория, практика. М.: Наука, 1981. С. 343.



На заседании 3-й международной гравитационной конференции в Варшаве (1962 г.). В первом ряду сидят: Л. Инфельд (Польша), В. А. Фок (СССР), Дж. Синг (Ирландия), Дж. Андерсон (США), ?, Р. Пенроуз (Англия), Б. Гоффман. (Фото автора)

66

эпопея по составлению списков возможных кандидатов, их обсуждению, согласованию внутри комиссии, затем в неких «директивных органах». Одни кандидатуры отпадали, другие возникали, и все делалось с недомолвками, ссылками на неведомые инстанции. Дмитрий Дмитриевич всем этим умело заправлял. В итоге, поехали, в основном, его люди, в их числе и я.

Участвуя в работе Варшавской конференции, мы смогли оценить уровень и ведущие тенденции в работе зарубежных коллег, исходя из тех результатов, которые были заявлены на только что прошедшей 1-й Советской гравитационной конференции. Сразу же отмечу, что особых сенсаций в Варшаве 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.

На этой конференции мы впервые увидели Дж. Вебера и от него лично смогли получить информацию о создаваемом им детекторе гравитационного излучения космического происхождения. Здесь мы смогли послушать многих известных физиков-релятивистов, с трудами которых уже были знакомы по статьям и книгам. Однако читать журнальные статьи — это одно, а воочию увидеть и познакомиться с авторами, — это дает совершенно иное восприятие их идей.

Я был с фотоаппаратом и много фотографировал. Помню, Дмитрий Дмитриевич, подмигнув мне, направился к Дираку и, приняв важный вид, стал ему говорить о своей суперобъединительной программе, которая включает в себя обобщения геометрии с кручением и нелинейное спи-



Дж. Вебер (США). (Фото автора)

норное 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.

Как мне рассказывали старшие коллеги, во время посещения Дираком МГУ в 1958 году Иваненко подарил ему массу своих оттисков. Когда же Дирак уехал, из гостиницы, где он жил, позвонили на физфак МГУ и сказали: «Кто там у вас Иваненко? Пусть придет в гостиницу и заберет свои бумаги». Дирак был тактичным человеком. Материалы он вежливо брал, но их почти никогда не читал, предпочитая до всего доходить своим умом.

Вообще Дирак держался очень скромно, как правило, находясь в стороне от шумных компаний. На конференции он был с женой и представляя ее, говорил, что она сестра Ю. Вигнера.

Большое впечатление на меня произвел другой Нобелевский лауреат — Роберт Фейнман. Это была очень яркая личность. Его доклад о квантовании гравитационного поля с иллюстрациями процессов в виде диаграмм фейнмановского типа был сделан артистично, хорошо поставленным голосом и с эффектной жестикуляцией. Недаром незадолго перед этим он был признан «первым интеллектом Америки». Дмитрий Дмитр-



Д. Д. Иваненко говорит П. Дираку: «В нашей группе развивается суперобъединительная программа, включающая в себя обобщение геометрии с кручением и нелинейное спинорное поле». (Фото автора)

иевич сообщил и Фейнману о своей «суперобъединительной программе» и, помню, попытался ему всучить сборник со своей вступительной статьей. Фейнман, взглянув, замахал руками и сказал, что он не знает русский язык. На это Иваненко тут же выхватил из портфеля самоучитель русского языка и протянул ему. Все вокруг, в том числе и Фейнман, громко рассмеялись.

Основным козырем Иваненко в выступлениях и в дискуссиях на Варшавской конференции было кручение. Как он говорил, мы, то есть он с нами, его учениками (Мицкевичем и мной), «поднимали крутительное (торсионное) восстание». Примечательно, что 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 кручение».

«Из песни слова не выкинешь», и в этом контексте следует сказать несколько слов о взаимоотношениях двух ведущих гравитационистов страны — академика В. А. Фока и его бывшего студента профессора



Д. Д. Иваненко: «Твист — это почти то же самое, что и кручение». (Фото автора)

Д. Д. Иваненко. Еще осенью 1961 года у них сохранялись дипломатические отношения, хотя и были уже натянутыми. Но в 1962 году во время 3-й Международной гравитационной конференции в Варшаве Фок не скрывал своей неприязни к бывшему ученику. Так, когда Иваненко вышел делать доклад, Фок, обычно сидевший на первом ряду, держа перед собой свой слуховой аппарат, вдруг встал и через весь зал демонстративно направился к выходу. Когда доклад Иваненко закончился, Фок также демонстративно вернулся на свое место. Подобная реакция не могла не вызвать множества вопросов. Но недоумевали не только мы. С надеждой получить какие-либо разъяснения к нам подходили иностранные участники конференции. А американский коллега даже сказал, что в Америке некоторые ученые плохо относятся, например, к Дж. Уилеру, однако никто из них не позволяет себе подобных демаршей. Мы только пожимали плечами. Позднее мы узнали, что В. А. Фок, как глава нашей делегации, потребовал у Д. Д. Иваненко, чтобы он вернул деньги одному из советских делегатов, который оказался без денег, якобы, по вине Иваненко.

### 3.1.2. Позиции ветеранов исследований по гравитации

Кратко охарактеризуем отношение ведущих физиков-гравитационистов к сущности и состоянию теории гравитации. Прежде всего, остановимся на позициях ветеранов, тесно сотрудничавших с А. Эйнштейном.

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». Вернувшись в Польшу, он с 1950 года был директором Института теоретической физики и возглавлял кафедру теоретической физики Варшавского университета.

Конференция в Варшаве открылась приветственным словом профессора Л. Инфельда, в котором был поднят целый ряд вопросов, представляющих определенный интерес. Приведу текст его выступления в переводе польских коллег.

*«Дорогие друзья,*

*То, что мне пришлось открыть нынешнюю конференцию, посвященную вопросам гравитации, доставляет мне большое удовольствие. Будем ли мы ее считать четвертой — зависит от того, ведем ли мы счет, начиная 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 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 посодествовали усилению интереса к проблемам 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, 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 Мессбауэра, и это позволяет нам увидеть раскрывающиеся возможности наблюдения новых эффектов при помощи искусственных спутников.

Однако, как бы мы ни 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. Шредингера.

В ранние двадцатые годы профессор Лауэ написал двухтомный труд, посвященный общей теории относительности, который изучали многие

*физики. Профессор Шредингер, 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 встать и минутой молчания почтить память этих людей. Спасибо».*

Отмечу, что на этой конференции Л. Инфельд выглядел довольно дряхлым, уставшим человеком. Со специальным докладом или в дискуссиях он не выступал. Казалось, что он проявлял особую заботу о соблюдении перерывов на кофе-брейк или ланч.

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».

По его мнению, причины возросшего интереса к теории гравитации заключались в следующем: «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»<sup>2</sup>.

Однако он не разделял эйфорию некоторых более молодых исследователей, в частности, настаивающих на правомочности 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 существенны 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»<sup>3</sup>.



Л. Инфельд

<sup>2</sup> Бергман П. Загадка гравитации. М.: Наука, 1969. С. 10.

<sup>3</sup> Там же. С. 138.



Слева В. Л. Гинзбург, в центре Н. В. Мицкевич, далее П. Бергман и Н. Розен. (Фото автора)

72

Бергмана вообще отличало осторожное, взвешенное отношение к 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»<sup>4</sup>.

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 структуре — вот тот вклад в понимание природы, который переживет частные особенности эйнштейновских законов тяготения»<sup>5</sup>.

### 3.1.3. Взгляды на гравитацию ряда ведущих зарубежных физиков-релятивистов

Не преследуя цель охарактеризовать позиции всех ведущих физиков-гравитационистов тех лет, ограничимся лишь наиболее существенными для дальнейшего повествования.

<sup>4</sup> Бергман П. Загадка гравитации. С. 153.

<sup>5</sup> Там же. С. 160.

Всегда были интересны выступления **Дж. Уилера**, которого я считал физиком-гравитационистом номер один. На конференции в Варшаве им был сделан доклад «Принцип Маха как граничное условие для уравнений Эйнштейна». Выше уже говорилось о его взглядах в духе экстремальной геометрической парадигмы. Здесь же отметим его постоянный интерес к вопросам реляционного подхода к физике, за которым стояла определенная мировоззренческая позиция: в русле принципа Маха совместно с Р. Фейнманом им были написаны работы 40-х годов. Известно, что после создания общей теории относительности в ряде публикаций обсуждался вопрос о том, содержится ли принцип Маха в общей теории относительности. Подавляющее большинство гравитационистов справедливо считает, что в геометрической парадигме его нет и что он присущ исключительно реляционной парадигме. Однако Дж. Уилер пытался совместить принцип Маха с содержанием общей теории относительности.

В связи с этим же вопросом интересна позиция физика-теоретика **Дж. Синга** (Ирландия), который выступая на Варшавской конференции с докладом «Релятивистская интерпретация и модификация ньютоновых моделей», прямо заявил: «Сколько людей занимается общей теорией относительности, столько имеется ее пониманий». Что же касается самого доклада, то в нем раскрывалось его оригинальное понимание созданной Эйнштейном теории гравитации, которое было подробно изложено в его книге «Общая теория относительности», опубликованной незадолго до конференции (в 1960 г.) в Амстердаме, а в 1963 году переведенной на русский язык.

В позиции Синга обращает на себя внимание отсутствие надежды на скорые практические применения выводов эйнштейновской теории гравитации. Так, 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»<sup>6</sup>.

Как в выступлении на конференции, так и в своей книге Синг как будто бы не стремился выходить за рамки общей теории относительности, преследуя лишь цель изложить новым методом то, какой она была в момент ее создания Эйнштейном в 1916 году. «Упомянутый метод основан на использовании некоторой функции, введенной в тензорное исчисление

<sup>6</sup> Синг Дж. Общая теория относительности. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1963. С. 7.

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 множителя, 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»<sup>7</sup>.

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“, „метрики“ и т. д.»<sup>8</sup>.

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, что Синг действительно вернулся к мировоззрению Эйнштейна в 1916 году, 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 отчета в этом, развил реляционный подход и постарался в своей формулировке ОТО совместить его со стандартной геометрической.

Следует заметить, что уже позже в нашей стране была издана книга Л. Я. Арифова<sup>9</sup>, в которой более четко изложена общая теория относительности на основе соображений хроногеометрии (на языке Синга — хронометрии).

С пленарным докладом «Законы сохранения и абсолютный параллелизм в общей теории относительности» на Варшавской конференции выступал профессор Х. Меллер (Дания), автор «Теория относительности»,

<sup>7</sup> Синг Дж. Общая теория относительности. С. 7–8.

<sup>8</sup> Там же. С. 101.

<sup>9</sup> Арифов Л. Я. Общая теория относительности и тяготение. Ташкент: ФАН, 1983.



Х. Меллер с супругой. (Фото автора)

первое издание которой было опубликовано в 1951 году. В своих работах он не касался проблем квантовой теории, что он обосновывал 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»<sup>10</sup>.

Одним из его важнейших результатов в области классической теории гравитации является формулировка 5 критериев, которым должен удовлетворять искомый псевдотензор энергии-импульса гравитационного поля, а также доказательство того, что в рамках метрической теории гравитации построить псевдотензор, удовлетворяющий этим критериям, невозможно. Отличительной особенностью подхода Меллера 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 временной переменными, которое так легко теряется в четырехмерном формализме»<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> Меллер К. Теория относительности. М.: Атомиздат, 1975. С. 8.

<sup>11</sup> Там же.

Видимо, данная точка зрения Меллера возникла в ходе размышлений над вопросами, связанными с законами сохранения в ОТО, и исследований по релятивистской термодинамике. На эту тему им был сделан в 1968 году доклад на 5-й международной гравитационной конференции в Тбилиси, где он показал, что на основе теории относительности нельзя осуществлять преобразования температуры при переходе в другую систему отсчета. Имеется возможность лишь говорить о температуре в собственной системе отсчета рассматриваемой термодинамической системы.

В своих исследования Меллер избегал рассмотрения проблем построения единых теорий поля.

### 3.1.4. Отношение П. Дирака к общей теории относительности

Характеризуя позицию П. Дирака, отметим, что он принимал теорию гравитации в том виде, в каком она была дана А. Эйнштейном. Кроме того, он признавал, что физика должна строиться на фоне искривленного (риманова) пространства-времени, что гравитационные волны представляют собой особый вид материи, отличающейся 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.



П. Дирак и его супруга, сестра Ю. Вигнера. (Фото автора)

Однако в его взглядах на гравитацию проявился ряд примечательных особенностей.

1. Во время своего посещения МГУ (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: «Когда Эйнштейн трудился над построением своей теории тяготения, он не пытался при 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»<sup>12</sup>.

2. 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 фундаментальных физических констант и о возможности их совместного изменения. Иваненко публично обратился к Дираку с вопросом, продолжает ли он настаивать на этой гипотезе. «Да, я продолжаю так думать», — ответил Дирак с места.

3. Всеми 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 стала исходным мотивом при написании им уравнений, носящих его имя. Сначала они были записаны в несимметричном виде. Многие авторы начинают излагать уравнения Дирака с такой записи, но потом показывают, что они все-таки являются релятивистски инвариантным. В связи с этим один из коллег заметил, что «уравнения оказались умнее своего создателя».

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.

<sup>12</sup> Цит. по кн.: *Девятов А., Мартиросян М.* Китайский прорыв и уроки для России. М.: Вече, 2002. С. 324.



Дирак. (Фото Д. Д. Иваненко)

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).<sup>13</sup>

Исходя из таких представлений, Дирак развил гамильтонову формулировку общей теории относительности, с помощью которой он корректно исключил че-

тыре 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»<sup>14</sup>.

4. 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»<sup>15</sup>. 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 им результат фактически основан на использовании так называемых нормальных систем отсчета (без вращения), что явно раскрывается в монадном методе задания систем отсчета.

<sup>13</sup> Дирак П. Теория гравитации в гамильтоновой форме // Новейшие проблемы гравитации. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1961. С. 157.

<sup>14</sup> Там же. С. 157.

<sup>15</sup> Дирак П. А. М. Общая теория относительности. М.: Атомиздат, 1978. С. 29.

развитом в наших отечественных исследованиях. Исключенные из числа динамических степеней свободы четыре компонента метрического тензора описывают 4-скорость используемой нормальной системы отсчета. Этот факт остался не замеченным как Дираком, так и коллективами других авторов (Р. Арновитт, С. Дезер, Ч. Мизнер, А. Шильд и др.), занимающихся построением канонического (гамильтонова) формализма общей теории относительности.

### 3.1.5. Взгляды Фейнмана на теорию гравитации

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 публикации 40-х годов по теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия которые были написаны совместно с Дж. Уилером. В этих работах отсутствие опережающих взаимодействий объяснялось в духе принципа Маха, т. е. посредством учета «отклика» от всех окружающих частиц Вселенной.

В развитии научных взглядов Фейнмана можно усмотреть аналогию с эволюцией взглядов А. Эйнштейна. Как уже отмечалось, Эйнштейн, создавая общую теорию относительности, опирался на идеи Э. Маха в рамках реляционной парадигмы. Однако, когда теория была построена, он отказался от них, полностью встав 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 дальнего действия. Однако, когда результаты были уже получены, он обнаружил, что концепция дальнего действия была не обязательной. «Ведь самое удивительное, что почти все идеи, возникшие в процессе исследования (идеи дальнего действия. — Ю. В.), в конце концов оказались ненужными для конечного результата»<sup>16</sup>. Завершая свою Нобелевскую речь, Фейнман по этому поводу образно сказал: «А что же стало со старой теорией, в которую я влюбился еще юношей? Она теперь стала



Р. Фейнман.  
(Фото Д. Д. Иваненко)

<sup>16</sup> Фейнман Р. Разработка квантовой электродинамики в пространственно-временном аспекте. (Нобелевская лекция) // Р. Фейнман. Характер физических законов. М.: Мир, 1968. С. 228.



Р. Фейнман выступает на гравитационной конференции в Варшаве по проблеме квантования гравитации. (Фото автора)

80

почтенной дамой, почти совсем потерявшей былую привлекательность. 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»<sup>17</sup>.

Отличие в эволюции взглядов Эйнштейна и Фейнмана состояло в том, что один от реляционной парадигмы перешел к геометрической, а другой — от той же исходной парадигмы — к теоретико-полевой. Видимо, резко отрицательное отношение Р. Фейнмана к работе Варшавской гравитационной конференции объясняется, по большому счету, несоответствием его взглядов геометрической парадигме. 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“»<sup>18</sup>. Далее он перечисляет 6 претензий к работам в этой области и заканчивает письмо

<sup>17</sup> Фейнман Р. Разработка квантовой электродинамики в пространственно-временном аспекте. (Нобелевская лекция). С. 231.

<sup>18</sup> Цит. по предисловию Дж. Прескилл и К. Торна к книге Р. Ф. Фейнмана, Ф. Б. Мориниго и У. Г. Вагнера «Фейнмановские лекции по гравитации» (М.: Янус-К, 2000). С. 37.



Р. Фейнман, Б. Вавилов, Ю. С. Владимиров

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 червячков, 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 на конференцию 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...»<sup>19</sup>.

У советских участников конференции столь отрицательных мнений об услышанных докладах не сложилось.

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

<sup>19</sup> Цит. по предисловию Дж. Прескилл и К. Торна к книге Р. Ф. Фейнмана, Ф. Б. Мориниго и У. Г. Вагнера «Фейнмановские лекции по гравитации». С. 37–38.



Группа участников конференции, выступавших по проблеме квантования гравитации: Р. Арновитт, Ч. Мизнер, С. Дезер, Р. Фейнман, И. Робинсон, С. Мандельштам, играют в перебрасывание камешка в перерыве между заседаниями. (Фото автора)

82

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.

Судя по опубликованным 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 рассмотрениях; гравитационное поле является только одним из тридцати других, поэтому объяснение гравитации состоит в объяснении трех процентов всех известных полей»<sup>20</sup>.

<sup>20</sup> Фейнман Р. Ф., Моринго Ф. Б., Вагнер У. Г. Фейнмановские лекции по гравитации. М.: Янус-К, 2000. С. 57.



Б. ДеВитт во время выступления. (Фото автора)

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»<sup>21</sup>. 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 годах, к подобному выводу пришел Крайчман из Института Перспективных исследований в Принстроне (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»<sup>22</sup>. Позднее, уже в 80-х годах, близкую позицию занял А. А. Логунов, развивая релятивистскую теорию гравитации (без массовых слагаемых для гравитонов).

Однако и Р. Фейнман, 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 меж-

<sup>21</sup> Фейнман Р. Ф., Моринго Ф. Б., Вагнер У. Г. Фейнмановские лекции по гравитации. С. 177.

<sup>22</sup> Там же. С. 20.

частичного 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<sup>23</sup>, в любом приближении совпадающая с общей теорией относительности.

Таким образом, на теорию гравитационных взаимодействий можно взглянуть с позиций не двух, а трех различных дуалистических парадигм: геометрической, теоретико-полевой и реляционной.

### 3.2. Четвертая международная конференция в Лондоне

Зимой 1964/1965 года и весной 1965 года Д. Д. Иваненко развил бурную деятельность, направленную на участие советской делегации в 4-й Международной гравитационной конференции в Лондоне. Вузовская часть делегации опять была составлена из людей Иваненко (М. М. Мирианашвили, Н. В. Мицкевич, В. И. Родичев, А. Е. Левашев, А. Л. Зельманов и я). В составе советской делегации были также А. З. Петров, Б. Вавилов, В. Л. Гинзбург

84



Группа советских участников Лондонской конференции: Ф. И. Федоров, А. Е. Левашев, В. И. Родичев, гид от фирмы, А. Л. Зельманов, Ю. С. Владимиров, М. М. Мирианашвили на экскурсии в Кембридже

<sup>23</sup> Владимиров Ю. С., Турыгин А. Ю. Теория прямого межчастичного взаимодействия. М.: Энергоатомиздат, 1986.



А. Е. Левашев, Г. Райнич (США), В. И. Родичев, Н. Розен (Израиль). (Фото автора)

и И. Д. Новиков. Уже в самый последний момент, когда встал вопрос о руководителе советской делегации, — а это было обязательным, — главой был назначен академик В. А. Фок, который сразу же поставил ультиматум: либо он остается руководителем, но в делегации не будет Иваненко, либо Иваненко едет в Лондон, но тогда Фок отказывается ехать. Начальство решило вопрос в пользу Фока. Так Иваненко оказался исключенным из состава советской делегации гравитационистов.

На Лондонской конференции, состоявшейся с 30 июня по 4 июля 1965 года, не было никаких неожиданностей. Дж. Вебер выглядел очень уставшим. Оказывается, он не спал много ночей, стремясь к началу этой конференции получить первые результаты по обнаружению гравитационного излучения. Эксперимент проводился по ночам, поскольку днем было много промышленных помех. Но ожидаемых результатов он так и не получил.

На конференции мы познакомились с двумя соотечественниками, давно покинувшими СССР: Г. Райничем, которого многократно цитировал Дж. Уилер в связи с развитием своей геометродинамики, и Н. Розеном, сотрудничавшим с самим Эйнштейном. Он был автором широко известной двуметрической теории гравитации, в которой в качестве второй метрики берется метрика пространства-времени Минковского. Ему также принадлежит одно из волновых решений уравнений Эйнштейна, носящее его имя. Оба охотно общались с нами. Райнич хорошо говорил по-русски, а Розен практически утратил знание русского языка: что-то понимал, но говорил плохо.

Из разговоров в кулуарах с Килмистером (из Скандинавии), автором известных работ по макроскопическому подходу к природе классического пространства-времени, выяснилось, что он связывал свойства нашего пространства-времени с электромагнитными взаимодействиями. Если же



П. Йордан (ФРГ) в Лондоне. 20 с лишним лет тому назад он, будучи фашистским летчиком, его бомбил... (Фото автора)

86

рассматривать процессы, где доминируют слабые или сильные взаимодействия, то там уже должны быть иные, не классические пространственно-временные отношения.

Примечательный для тех лет инцидент произошел в самом начале нашего пребывания на конференции в Лондоне. Всем участникам конференции в оргкомитете вручили конверты с некоторым количеством валюты. Получив деньги, мы были в замешательстве: имеем ли мы право их взять? Связались с нашим представителем в посольстве, который велел узнать, из какого фонда деньги. Когда выяснилось, что эти деньги выделены НАТО, нам предложили деньги вернуть в оргкомитет. Жаль было их возвращать, но мы послушно встали в очередь и сдали полученные конверты. Помню, на следующий день во время заседания на конференции я почувствовал на себе чей-то взгляд. Оглянувшись, я увидел, что на нас пристально, с какой-то жалостью смотрел председатель оргкомитета профессор Г. Бонди (Англия).

В целом же Лондонская конференция нам показалась значительно менее интересной, нежели предыдущая конференция в Варшаве. Как выразился А. З. Петров, сам Лондон оказался значительно интереснее конференции. И действительно, здесь было, что посмотреть. Мы с Мицкевичем



Х. Меллер и А. Папапетру в зале заседаний. (Фото автора)

впервые оказались в капиталистической стране, и многое нас поражало: обилие товаров в магазинах, Гайд-парк со знаменитым углом ораторов, частные улицы, даже частный кусок земли посреди Гайд-парка, безработные, зарабатывающие ношением на себе рекламы, знаменитый район Пиккадили и многое другое. Конечно, мы посетили Британский музей, побывали в Вестминстерском аббатстве, в здании парламента и у Букингемского дворца. Туристическая фирма «Кук и К°», которая занималась организацией нашего пребывания в Англии, свозила нас на экскурсию в Оксфорд и Кембридж.

### 3.3. Пятая международная гравитационная конференция в Тбилиси

С 9 по 15 сентября 1968 года в Тбилиси на базе Тбилисского университета состоялась 5-я Международная гравитационная конференция, которая проводилась в соответствии с решением международного гравитационного комитета и была организована Минвузом и академией наук СССР.



Группа участников конференции (второй слева И. М. Халатников, пятый слева В. Л. Гинзбург, крайний справа Э. Шмутцер (ГДР)) во время посещения радиотелескопа Кембриджского университета. (Фото автора)



На открытии 5-й международной гравитационной конференции в Тбилиси (1968 г.): проф. М. М. Мирианашвили, академики В. А. Фок и И. Н. Векуа. (Фото автора)

88

Председателем оргкомитета конференции был назначен В. А. Фок, а его заместителями член-корр АН Гр. ССР М. М. Мирианашвили (от принимающей стороны), профессор А. З. Петров (от Минвуза СССР), профессор И. М. Халатников (от академии наук). Иваненко в числе других 13 человек состоял членом оргкомитета. Поскольку у него были натянутые отношения с академическими кругами, а именно они играли определяющую роль в организации, то на заседаниях оргкомитета вместо него приходилось присутствовать мне как официальному члену секретариата оргкомитета.

В работе конференции приняли участие практически все видные отечественные физики-релятивисты: академики В. А. Фок, В. Л. Гинзбург, А. Д. Сахаров, Я. Б. Зельдович, Л. И. Седов, Л. Д. Фаддеев, И. Н. Векуа, ряд академиков союзных республик (Х. П. Керес, М. М. Мирианашвили), профессора ведущих вузов страны.

В конференции приняло участие около 300 человек, но число зарубежных гравитационистов было существенно меньшим, нежели ожидалось. Непосредственно перед конференцией произошли известные чешские события, завершившиеся вводом советских войск в Прагу. По всему миру прокатилась волна протестов, и ряд известных гравитационистов (в частности, секретарь международного гравитационного комитета А. Мерсье) призвали зарубежных коллег бойкотировать конференцию в СССР. Возникли проблемы и с приглашением ученых из Израиля. Прямых дипломатических отношений между СССР и Израилем тогда не было,

и оформление приглашений, мягко говоря, запоздало и практически было сорвано. Это еще больше подлило масла в огонь. Однако, в целом, бойкот конференции не удался, хотя и сократил число зарубежных участников. В Тбилиси приехали такие известные гравитационисты из капиталистических стран, как Дж. Уилер (США), Ф. Белинфанте (США), Д. Брилл (США), К. Торн (США), Л. Шифф (США), Б. ДеВитт (США), А. Комар (США), Х. Меллер (Дания), Ж. Петью (Франция), А. Папапетру (Франция), В. Де Саббата (Италия), К. Катанео (Италия), А. Тауб (США) и др. Были приглашены, но, к сожалению, не приехали: Дж. Вебер, П. Бергман, Г. Бонди, С. Вайнберг, Р. Пенроуз и некоторые другие. Понятно, что бойкот не коснулся ученых из стран социалистического содружества. В Тбилистской конференции приняли участие видные гравитационисты: Э. Шмутцер (ГДР), А. Траутман (Польша), Е. Плебаньский (Польша) и многие другие.

Конференция прошла на высоком научном уровне. Было заслушано 142 доклада, из них 20 были пленарными. Наиболее интересными были выступления, посвященные пограничным проблемам между теорией гравитации и физикой микромира. Здесь прежде всего следует отметить доклады Дж. Уилера «Геометрия и частицы: попытка оценки», А. Д. Сахарова «Квантовая природа метрической упругости пространства и элементарная длина», Л. Д. Фаддеева «Гамильтонова формулировка теории тяготения», Б. ДеВитта «Квантование гравитации». В докладе академика А. Д. Сахарова была изложена его идея об обусловленности гравитационных взаимодействий квантовыми флуктуациями вакуума.



Выступает К. Торн (США). (Фото автора)



Л. Д. Фаддеев. (Фото автора)

В выступлении Л. Д. Фадеева был затронут широкий спектр вопросов, связанных с проблемой квантования гравитации, и поднят ряд важных проблем:

1. Квантование гравитационного поля и его перспективы.
2. Значение гамильтоновой формулировки теории тяготения.
3. Условия на пространственной бесконечности.
4. Трудность гамильтоновой формулировки.
5. Предложение Дирака.
6. Сводка формул гамильтоновой формулировки теории тяготения.
7. О так называемой «замороженной динамике» и лоренцинвариантности.
8. Проблема положительности энергии.
9. Квантование поля тяготения<sup>24</sup>.

При этом отмечалось, что имеется альтернативный подход к квантованию гравитации, основанный на методе континуального интегрирования, однако сам этот метод в докладе не излагался.

Интерес вызвали также доклады по астрофизике Я. Б. Зельдовича «Космологическая проблема» и К. Торна «Теория относительности в астрофизике». В обоих докладах главное внимание было сосредоточено на роли гравитации в астрофизических явлениях. Как говорил Торн: «Приблизительно до 1962 года преобладал взгляд, что общерелятивистские эффекты существенны лишь в космологии, а в случае изолированных астрономических тел общая теория относительности, вероятно, не играет роли. Однако, с 1962 года стали думать, что сильные гравитационные поля могут иметь решающее значение для процессов в квазарах, для крупных событий в ядрах галактик, для взрывов и их остатков, при коллапсе очень массивных звезд и для периодических вспышек радиосточников»<sup>25</sup>.

На пленарных заседаниях большое внимание было уделено гравитационным экспериментам. По этому вопросу выступили: Л. Шифф (от имени коллектива авторов: У. Фейрбанка, К. Эверита и Ф. Уиттеборна) «Некоторые эксперименты по гравитации», В. Б. Брагинский «Верхний предел чувствительности оптимального квадрупольного приемника гравитационного излучения» (в это время В. Б. Брагинский уже приступил к созданию своих гравитационных детекторов) и Б. М. Чихачев «Возможность измерения угла гравитационного отклонения радиоволн». К сожалению, на эту конференцию не приехал Дж. Вебер, доклад которого «Попытки обнаружения гравитационного излучения» был поставлен в повестку пленарного заседания.

Кроме пленарных, как обычно, проходили секционные заседания. Всего на этой конференции было 5 секций. Две из них, с наибольшим

<sup>24</sup> Фаддеев Л. Д. Гамильтонова формулировка теории тяготения // Тезисы докладов 5-й международной конференции по гравитации и теории относительности. Тбилиси: Изд-го Тбил. гос. ун-та, 1968. С. 229–235.

<sup>25</sup> Торн К. С. Теория относительности в астрофизике // Там же. С. 175.

числом заслушанных докладов, были посвящены вопросам классической гравитации: «Новые математические методы современной теории гравитации» (секция 1) и «Проблемы классической теории гравитации Эйнштейна» (секция 2). Кроме них, работали также секции «Космология и релятивистская астрофизика» (секция 3), «Экспериментальные исследования по гравитации» (секция 4) и «Квантование гравитационного поля и другие вопросы» (секция 5).

На секционных заседаниях выступили по смежным проблемам гравитации академик В. Л. Гинзбург, профессора И. М. Халатников, И. М. Шкловский, А. А. Соколов и др. Важный пленарный доклад А. Л. Зельманова по монадному методу задания систем отсчета, состоявшийся в самом конце утреннего пленарного заседания, «попал под колеса» устроенной хозяевами экскурсии на коньячный завод. Участники конференции торопились занять места в автобусах, и Зельманов говорил впустую. Зато на вечернем заседании после экскурсии первым должен был выступать профессор Я. П. Терлецкий с докладом на тему «Частицеподобные решения общековариантного уравнения Клейна—Гордона». Я был потрясен его выступлением. Мы уже привыкли от него слышать, как это говорится в поэме «Евгений Стромынкин», что, «жуя мочалу, лепет детский там издает Я. П. Терлецкий». Но тут он выступал как Цицерон: его пиджак был расстегнут, галстук оказался где-то на боку, глаза горели, он энергично жестикулировал и артистично играл голосом.

По сложившейся традиции председателем Международного гравитационного комитета на следующие 3 года избирался председатель оргкомитета предыдущей гравитационной конференции. Таким образом, функции председателя Международного гравитационного комитета перешли к В. А. Фоку. На заседании этого Комитета после завершения конференции, когда ему была передана власть, первым же его действием было предложение исключить из состава членов Комитета Д. Д. Иваненко. Однако иностранцы воспротивились, и В. А. Фок потерял всякий интерес к Комитету.

### **3.4. Международная гравитационная конференция в Копенгагене**

Следуя намеченным срокам, через три года после Тбилисской конференции в 1971 году с 5-го по 10 июля состоялась уже шестая международная гравитационная конференция в Копенгагене. После долгих согласований и неопределенностей советская делегация на эту конференцию в Копенгагене была наконец сформирована. Руководителем всей делегации был назначен академик В. А. Фок, а возглавлять вузовскую часть было (неофициально) поручено профессору Д. Д. Иваненко. Делегация была небольшая. От вузов в нее вошли профессора Д. Д. Иваненко (МГУ), В. Б. Брагинский (МГУ), Я. П. Терлецкий (УДН), А. А. Соколов (МГУ), доценты



В зале заседаний 6-й международной конференции в Копенгагене. (Фото автора)

Ю. Л. Вартанян (ЕГУ), И. Р. Пийр (Тартусский университет) и я (МГУ), т. е. в основном, люди, связанные с Иваненко. От Академии наук были академики В. А. Фок (руководитель делегации), Л. Д. Фаддеев (Ленинград), А. З. Петров (Киев), доктор физ.-мат. наук И. Д. Новиков (Москва).

В работе этой довольно представительной конференции приняли участие физики-гравитационисты мирового уровня: Дж. Уилер (США), Дж. Вебер (США), П. Бергман (США), Х. Меллер (Дания), А. Лихнерович (Франция), Г. Бонди (Англия) и многие другие. «Гвоздем программы» на конференции, пожалуй, было «открытие» Дж. Вебером гравитационных волн. Он ходил с высоко поднятой головой. Подавляющее большинство участников конференции верило в открытие им гравитационных волн. Но рассматривался и ряд других актуальных проблем квантования гравитации, космологии и релятивистской астрофизики, классической теории гравитации. Оргкомитетом был составлен список наиболее заслуживающих внимания проблем для обсуждения на вечерних заседаниях. В этом списке значились следующие вопросы:

1. Квантование гравитационных полей.
2. Возможные квантовые эффекты гравитации.
3. Роль гравитации в физике элементарных частиц.
4. Поглощение и экранировка гравитации.
5. Пространство-время с изменяющейся сигнатурой.
6. Пространство-время с комплексной метрикой.
7. Миксмастерная модель.



Дж. Вебер и Дж. Уилер в перерыве между заседаниями. (Фото автора)

8. Максимальные керровские черные дыры.
9. Янг—Миллсовские и гравитационные калибровочные поля.
10. Уточнения постоянной Хаббла, возраст вселенной и параметр замедления ее расширения.
11. Отклонения формы солнца от сферичности и их следствия.
12. Точные решения уравнений поля.
13. Уравнения движения.
14. Релятивистская термодинамика.
15. Сингулярности в анизотропных однородных моделях Вселенной.

Характерно, что здесь на первое место были вынесены вопросы о связи гравитации с физикой микромира. Заметим также, что в тот период полагалось, что имеет место замедление расширения вселенной, тогда как сейчас обсуждается ее ускоренное расширение.

Для всех нас было очень важным посещение института Нильса Бора, его кабинета, аудиторий института, т. е. тех мест, где рождалась квантовая механика. На стенах кабинета Бора развешан ряд портретов и гравюр, в частности, И. Ньютона. На одном из портретов мы увидели молодого



Д. Д. Иваненко, Г. Бонди и Х. Меллер. (Фото автора)



Институт Нильса Бора в Копенгагене (Фото автора)

Дж. Уилера, как нам сказали, одного из его любимых учеников. Посетили мы также кладбище, где похоронен Н. Бор, постояли возле гранитного памятника с совой, символом мудрости, и венком наверху, который поставили над фамильным захоронением семейства Бора. Вспомнили, как его тепло принимали студенты и сотрудники физического факультета МГУ 10 лет тому назад.

В этой связи хотелось напомнить один любопытный эпизод. Однажды, когда Н. Бор прибывал над своей дверью подкову, его спросили:

— Нильс, Вы великий ученый, неужели Вы верите, что подкова приносит счастье?

— Конечно, нет, — ответил Нильс Бор, — Но говорят, что она приносит счастье и тем, кто в это не верит.

Всемирно известная пивная фирма Карлсберг, которая финансировала деятельность института Бора, устроила для участников конференции роскошный банкет на территории пивного завода. (Заметим, что другая конкурирующая с Карлсберг датская пивная фирма Тьюборг иным образом создавала себе рекламу: у входа в порт Копенгагена возвышается огромный маяк в форме пивной бутылки этой фирмы.) Перед банкетом



Ю. С. Владимиров возле могилы Н. Бора

была устроена экскурсия по цехам, где изготавливалось пиво. Перед каждым участником банкета была выставлена бутылка элитного пива с надписью, что оно подается к столу королей Великобритании, Дании и других стран-монархий. В банкете приняла участие тепло встреченная всеми присутствовавшими вдова Нильса Бора. Во время банкета силами участников конференции был разыгран спектакль по околонуучной тематике.

И на этой конференции не обошлось без вмешательства политики. Было решено создать международное гравитационное общество на базе уже давно действующего международного гравитационного комитета. Для этой цели было созвано учредительное собрание участников конференции, на котором принимался устав и избирался состав руководства обществом. Во время этого собрания произошел инцидент в связи с резким антисоветским выступлением одного из иностранных участников конференции. (В качестве одного из главных обвинений выдвигалось то, что на Тбилисскую конференцию в 1968 году не были приглашены ученые из Израиля.) Все, что случилось после этого, весьма пагубно сказалось на дальнейшей судьбе уже нашего, отечественного гравитационного сообщества. Но об этой неприятной истории будет подробно рассказано в следующей книге.

## Глава 4

# В центре отечественных исследований по гравитации

*Мы убеждены, что современные наши проблемы, методы и концепции исходят, хотя бы отчасти, от научной традиции, накопленной рядом поколений<sup>1</sup>.*

В. Гейзенберг

Для успешной научной деятельности чрезвычайно важное значение имеет принадлежность к сложившейся научной школе, а для успешного функционирования школы — постоянно действующий научный семинар.

Мне повезло: сразу по окончании МГУ (1961 г.) я оказался вовлеченным в активную деятельность Д. Д. Иваненко по организации первой Советской гравитационной конференции, а следовательно, и формирования на ее основе отечественного сообщества физиков-гравитационистов.

Иваненко не только «бил в набат», рассылая письма в высшие инстанции с призывами поддержать развитие гравитационных исследований в нашей стране. Он организовывал конференции, симпозиумы и прилагал большие усилия для информации отечественной научной общественности о последних достижениях в области теории гравитации за рубежом. Это выразилось в издании под его редакцией и с его обстоятельными вступительными статьями сборников работ и монографий наиболее видных зарубежных авторов: сборника «Новейшие проблемы гравитации» (Изд-во Мир, 1961), книги ближайшего сотрудника А. Эйнштейна Л. Инфельда с соавтором Е. Плебаньским «Движение и релятивизм» (Мир, 1962), сборника важнейших работ ведущего американского теоретика-гравитациониста Дж. Уилера «Гравитация, нейтрино, Вселенная» (Мир, 1963), книги Дж. Вебера «Общая теория относительности и гравитационные волны» (Мир, 1964), сборников «Элементарные частицы и компенсирующие поля» (Мир, 1964), «Гравитация и топология» (Мир, 1966), «Элементарные частицы и теория групп» (Мир, 1967). В среднем ежегодно издавалось по сборнику переводных работ в области общей теории относительности и гравитации. По этим сборникам отечественная научная общественность получила довольно полное представление о зарубежных исследованиях в этой области.

---

<sup>1</sup> Гейзенберг В. Традиции в науке // Диалог — США. 1975. № 2. С. 51.

К сказанному нужно добавить работу ставшего в 60-х годах широко известным гравитационного семинара Иваненко, где выступали известные отечественные и зарубежные специалисты в этой области. Фактически группа Иваненко и его семинар стали центром научной мысли в области общей теории относительности и гравитации, а его организатор — признанным лидером гравитационного сообщества в нашей стране. С полным основанием можно сказать, что в то время у многих отечественных физиков-релятивистов понятие гравитации ассоциировалось с деятельностью Д. Д. Иваненко.

#### 4.1. В группе профессора Д. Д. Иваненко

Что же собой представлял в те годы центр советских исследований в области общей теории относительности и гравитации?

##### 4.1.1. Научная деятельность в группе Д. Д. Иваненко

Ядро научной группы Д. Д. Иваненко в 60-е годы составляли профессор А. М. Бродский (институт химфизики), кандидаты физ.-мат. наук Г. А. Соколик, В. И. Родичев (Московский областной педагогический институт), Д. Ф. Курдгелаидзе (ГАИШ), Н. В. Мицкевич (Университет дружбы народов), аспиранты, а затем сотрудники других кафедр или учреждений Д. В. Белов, Ю. Г. Сбытов, В. С. Брежнев, Б. Н. Фролов и некоторые др. Здесь были названы лица, специализирующиеся в области общей теории относительности и гравитации. Кроме них к группе Иваненко принадлежал ряд лиц, работавших в области квантовой теории и физики элементарных частиц: кандидаты физ.-мат. наук Э. В. Теодорович, А. М. Кольчуж-



Группа участников семинара Д. Д. Иваненко (середина 60-х годов). Д. В. Белов, В. И. Родичев, В. С. Брежнев, О. Гусейнов, Н. В. Мицкевич, Ю. Г. Сбытов, Б. Н. Фролов, Д. Ф. Курдгелаидзе, А. И. Наумов, Д. Д. Иваненко, А. С. Жукарев, ? (Фото автора)

кин, аспиранты, а затем кандидаты физ.-мат. наук А. А. Старцев, А. С. Жукарев, Ю. Хименков, А. И. Наумов и некоторые другие.

Все названные лица работали по тематике, соответствовавшей интересам руководителя, которые всегда отличались своей широтой: единая нелинейная спинорная теория поля, обобщения теории гравитации (главным образом тогда в направлении учета кручения), квантование гравитации, в том числе расчет взаимных трансмутаций гравитонов и квантов обычной материи, а также входящая тогда в моду калибровочная теория гравитации. Последнюю Иваненко называл тогда компенсирующей теорией гравитации, но этот термин так и не прижился.

**Анатолий Моисеевич Бродский** был самым старшим и держался в значительной степени независимо, относился к более молодым членам группы с некоторым снобизмом. Насколько я помню, он тогда ограничивался ролью некоего консультанта и время от времени примыкал к тем или иным исследованиям. Так он примкнул к работам по калибровочной теории гравитации, которой занимался главным образом Г. А. Соколик, а затем Б. Н. Фролов.

**Генрих Абрамович Соколик** был поистине неординарной личностью. Будучи фанатом Эрлангенской программы, он в каждом своем выступлении непременно упоминал Эрлангенскую программу Феликса Клейна. Поскольку центральным мотивом этой программы были симметрии, то Соколик сразу же увлекся калибровочным (компенсационным) подходом к теории гравитации, который тогда только что заметил и всячески пропагандировал Иваненко.

Генрих Абрамович тогда производил впечатление своей глубокой увлеченностью фундаментальными проблемами физики и бытия вообще. Помню, во время конференции в Ужгороде, знакомясь с городом, я зашел в костел. Там в полумраке и прохладной тиши храма я увидел одиноко сидящего в глубокой задумчивости Соколика. Мы вместе вышли из костела, и по дороге в университет он поведал мне, что под высокими сводами костела ему хорошо думается о философских проблемах бытия. Упомяну, что после перенесенного в детстве полиомиелита Соколик производил впечатление страдающего, болезненного человека. Он передвигался с палочкой.

Одной из наиболее значительных фигур был **Владимир Иванович Родичев**, который пронес сквозь всю свою жизнь некую праидею, из которой следовала необходимость разделения сил инерции и гравитации. Отдавая



Г. А. Соколик — фанат Эрлангенской программы Ф. Клейна.  
(Фото автора)



В. И. Родичев выступает на семинаре Д. Д. Иваненко (1967 г.).  
(Фото автора)

у Владимира Ивановича были какие-то более глубокие, но смутные соображения на этот счет. Для их реализации он занимался 5-мерием, нелинейной теорией поля, геометрией с кручением, тетрадным формализмом. Математический аппарат афиноров, использованный Родичевым, несомненно связан с тетрадами и кручением.

Могу засвидетельствовать, что не сиюминутные обыденные проблемы, а именно праидея двигала им и составляла смысл его существования, как в спокойные годы, так и в самые жесткие периоды его жизни. Размышления над теорией пространства-времени, 5-мерием, над сутью мироздания помогли Владимиру Ивановичу пройти фашистский концлагерь и выжить.

Одним из ближайших сотрудников Иваненко был **Дмитрий Федорович Курдгелаидзе**, которого он взял вместе со мной в свою гравитационную группу при ГАИШе. Он был лет на 15 старше меня и работал с Иваненко давно. Он занимался коренными его темами: спинорами, теорией слияния спиноров в векторные частицы, нелинейными спинорными уравнениями. Затем, когда Иваненко переключился на грави-

себе отчет в том, что в рамках стандартной общей теории относительности этого сделать невозможно, он почему-то ставил эту задачу выше принципов ОТО и поэтому критиковал эйнштейновскую теорию гравитации, ища подходящий способ выхода за ее пределы. Согласно Родичеву, силы инерции должны описываться отклонением геометрии от римановой. В подтверждение своим взглядам он нашел некоторые высказывания Эйнштейна в его поисковых работах. В таком же духе воспитывались его аспиранты.

Научная общественность относилась скептически к этим идеям, поскольку в рамках ОТО нет необходимости в таком разделении и практически все корректно поставленные в ее рамках задачи можно решить без разделения инерции и гравитации. Видимо,



Д. Ф. Курдгелаидзе

тацию, Курдгелаидзе занялся решениями нелинейных гравитационных уравнений.

Дмитрий Федорович был верным соратником Иваненко, но к организационной работе был не пригоден. За долгие годы проживания в Москве он так и не смог в достаточной мере овладеть русским языком и писал статьи со множеством стилистических и грамматических ошибок. Осознавая этот свой недостаток, он всегда просил кого-нибудь из нас, более молодых участников семинара, исправлять ошибки в его статьях.

Из более молодых учеников и участников семинара Иваненко, конечно же выделялся своей эрудицией и оригинальными работами **Николай Всеволодович Мицкевич**. Мы с ним сразу же подружились, написали совместную статью о природе пространства и времени для журнала «Вопросы философии» (которую так и не напечатали). Мицкевич, как и я, тогда живо интересовался проблемой квантования гравитации, а кроме того, он занимался проблемой законов сохранения в общей теории относительности. Работая над этой темой, он предложил свой вариант псевдотензора энергии-импульса гравитационного поля, который независимо от него был введен также Х. Меллером. Так в научный дискурс вошло понятие «псевдотензор Меллера—Мицкевича». В дальнейшем он стал заниматься теоретическими выявлениями различных «экзотических» гравитационных эффектов, которые, конечно, не могли быть экспериментально проверены из-за своей малости и необходимых для этого нереальных обстоятельств. Я называл набор полученных им в этой области результатов «общерелятивистским зоопарком».

Николай Всеволодович — поистине одаренная увлекающаяся личность. Он в совершенстве владел основными европейскими языками, говорил по-узбекски, немного по-болгарски, писал стихи. Но его главное хобби составляли растения, особенно он любил кактусы, которые привозил тайно из различных командировок. Цветами была уставлена вся его квартира. Особенно много их было на подоконниках, отчено в комнатах был полумрак.

Порой в поступках Николая Всеволодовича эмоции заглушали разум и некоторые из них приносили серьезные неприятности.

**Владимир Семенович Брежнев** пришел в группу Иваненко, закончив мехмат МГУ. Областью его научных увлечений были неримановы обобщения эйнштейновской теории гравитации, но особенно его увлекала геометрия Вейля. Предложив некое обобщение этой теории, он, нисколько не смущаясь, в выступлениях и беседах называл ее теорией Вейля—



Н. В. Мицкевич. (Фото автора)



В. С. Брежнев говорит своим коллегам по семинару А. А. Ткаченко и Ю. Г. Сбытову: «В созданной мною теории Вейля—Брежнева прежних недостатков не содержится». (Фото автора)

Брежнева. Помню, в одном из разговоров он громко заявил: «В созданной мною теории Вейля—Брежнева, прежних недостатков не содержится!». Говорил он громко, поскольку у него были проблемы со слухом. Кроме названного обобщения, он развил, так называемый общековариантный канонический формализм теории гравитации.

Брежнев любил стихи и мог с любого места наизусть прочитать «Евгения Онегина» Пушкина. Но главным его хобби было занятие йогой. Здесь он достиг значительных результатов. Освоив самостоятельно по книгам в каком-то объеме практическую часть учения, он некоторое время даже преподавал йогу в спортивном клубе. Помню, как во время экскурсии на одной из конференций коллега В. Д. Захаров пристал к нему с вопросом: «Зачем тебе йога?» На это Владимир Семенович ответил: «Чтобы долго прожить!» «А зачем тебе долго прожить?» — не унимался Захаров. «Чтобы многого достичь в теории гравитации», — последовал ответ.

Мне это запомнилось, поскольку мечта Брежнева многого достичь в науке так и не осуществилась. Видимо, чтобы квалифицированно пользоваться приемами йоги, необходим профессиональный гуру. Самостоятельные занятия йогой, а может, и другие обстоятельства, в конце концов привели к тому, что уже к пятидесяти годам он превратился в «развалину»: тяжело ходил с палочкой, плохо видел. Чтобы расслышать собеседника, он приставлял к уху весьма колоритную слуховую трубку. Он умер, так и не достигнув 60-летнего возраста.

Весьма характерной для учеников Иваненко оказалась судьба **Дмитрия Владимировича Белова**, который был аспирантом Иваненко и по его поручению курировал прикрепленных к нему дипломников нашего курса, — а нас в тот год было пятеро. Чтобы облегчить свою жизнь, Д. В. Белов назначил время ответов на наши вопросы (по четвергам вечером).



Профессор Д. Д. Иваненко и член-корр. АН СССР  
Д. Е. Меньшов на семинаре. (Фото автора)

Иваненко прослышал об этом и открыл с осени 1960 года по четвергам семинар по гравитации.

Дима Белов был толковым аспирантом, он многократно выступал на семинарах Иваненко с рефератами работ по гравитации зарубежных авторов. Являясь достаточно эрудированным человеком в этой области, он активно участвовал в качестве переводчика в подготовке к изданию многочисленных сборников и книг под редакцией Иваненко. Но одно дело быть эрудированным специалистом, а совсем другое — проводить самостоятельные вычисления и решать конкретные задачи. Поскольку сам Иваненко ничего не вычислял, то у него и не получалось ставить молодым людям посильные задачи с указанием конкретных способов их решения. Обо всех проблемах, как правило глобальных, Иваненко говорил в самых общих чертах. Его ученики, затем вошедшие в науку, в конце концов из всего комплекса обсуждаемых на семинаре проблем сами находили себе задачи и способы их решения. А у кого не получалось, не задерживались в этой сфере.

103

Так случилось и с Димой Беловым. На свою беду он еще глубоко заинтересовался проблемой физического осмысления сути спиноров, что уже диктовало выход за пределы классической теории гравитации. В итоге он закончил аспирантуру, так и не написав диссертацию, был распределен на кафедру магнетизма, где и защитился по тематике той кафедры, оставив навсегда занятие гравитацией.

В семинаре Иваненко активно участвовали и другие его более молодые аспиранты и студенты: Б. Н. Фролов, Ю. Г. Сбытов, А. А. Ткаченко, В. Г. Кречет, а также аспиранты и сотрудники из других московских гравитационных групп А. Л. Зельманова (И. Д. Новиков, В. Д. Захаров, Р. Ф. Полищук, Л. П. Гришук, С. Л. Галкин), К. П. Станюковича (В. Н. Мельников,

К. А. Бронников, М. Б. Менский и др.), М. Ф. Широкова (Р. И. Храпко) и др. Конечно, активное участие в работе семинара принимали сотрудники кафедры: профессора А. А. Соколов, Я. П. Терлецкий, доценты Н. Н. Колесников, Б. К. Керимов и некоторые другие.

Неизменно участвовал в заседаниях семинаров член-корр. АН СССР профессор мехмата МГУ Д. Е. Меньшов. Ни в каких конкретных научных разработках по тематике Иваненко он не участвовал, проявляя лишь живой интерес к математическим вопросам, затрагиваемым докладчиками. Он также присутствовал на постсеминарах, продолжающихся до поздна. Имелся также круг лиц, которые, работая в других учреждениях, посещали семинар из личного интереса к проблемам теоретической физики (А. С. Завельский, С. И. Ларин и некоторые другие).

#### 4.1.2. Штрихи к портрету профессора Д. Д. Иваненко

1. В целом, отношение к Дмитрию Дмитриевичу было далеко не однозначным. О его личности можно встретить крайне противоположные суждения: от положительных (даже восторженных) до резко отрицательных. К положительным его качествам относится, пожалуй, самая широкая в нашей стране эрудиция в области фундаментальной теоретической физики, равную которой вряд ли можно было найти в среде наших физиков-теоретиков, которые, как правило, работали в рамках сложившихся в науке представлений и практически не уделяли внимания анализу возможных выходов за их пределы.

Дмитрий Дмитриевич имел какую-то ненасытную потребность читать статьи других авторов, обсуждать и сравнивать их результаты. В итоге никто не мог сравниться с ним в энциклопедичности познаний. Он всегда мог сказать, кто занимался тем или иным вопросом в области фундаментальной физики и (приблизительно) указать, где можно искать работы по соответствующим вопросам. Знание иностранных языков, — английского, немецкого, французского, — позволяло быть в курсе последних зарубежных исследований. Как-то он при мне говорил, что если искать в нем какую-то манию, то его манией является классификация, и в многочисленных вступительных статьях к сборникам он делал попытки как-то классифицировать имеющиеся тенденции в современной теоретической физике.

Иваненко был чрезвычайно активным человеком. Основные его усилия были направлены на организацию научных мероприятий (сейчас это было бы названо научным менеджментом). Мне представляется, что это была определяющая часть его жизни. Близко соприкасаясь с ним в течение многих лет, могу сказать, что он постоянно хлопотал об организации конференций, симпозиумов, о приглашении иностранцев, занимался отбором советских ученых на зарубежные конференции, издавал сборники переводных работ и так далее. Его необычайная общительность и коммуникабельность способствовали этой деятельности.



4.1. В группе профессора Д. Д. Иваненко

Участники семинара Д. Д. Иваненко (1966 г.): Д. Е. Меньшов, Б. Н. Фролов, Фи (Вьетнам), Д. Д. Иваненко, Э. Я. Малдыбаева, А. А. Старцев, Ю. С. Владимиров, А. С. Жукарев

2. К сожалению, у Дмитрия Дмитриевича также было и немало отрицательных качеств. Однако, допускаю, что к некоторым из них можно относиться и иначе. Но обратимся к фактам.

А. Иваненко сам никогда ничего не считал. Вычислительную часть всех его работ всегда делали другие. Помню, профессор А. А. Соколов, с которым у него в 40-х годах были совместные работы по гравитационным трансмутациям элементарных частиц, мне говорил, что в этих статьях все вычисления были сделаны им, а «сам Д. Д. никогда ничего не умел считать». Добавлю к этому, Дмитрий Дмитриевич никогда не мучился и над решением конкретных проблем. Видя, что я бьюсь над проблемами размерности или квантования гравитации, он, с одной стороны, одобрял, а с другой — вопрошал: «зачем себе сушить мозги?». Стиль его деятельности был принципиально другим. Он плывал в море информации и результатов других авторов, комбинировал и сопоставлял их друг с другом. Он не обременял себя изнурительными поисками решений или недостающих звеньев в цепи рассуждений, как это делали другие, а лишь по ходу дела пытался связать то, что уже было поднято на поверхность другими.

Это было видно всем, кто его достаточно хорошо знал. Как правило, у людей, погруженных в громоздкие утомительные выкладки или длительные размышления, это вызывало раздражение, а порой и презрение. Например, профессор А. А. Власов считал Иваненко «ученым легкого жанра». Примерно так же к нему относились и многие другие коллеги. Резко отличаясь от Д. Д. Иваненко по стилю мышления, могу в его защиту (в этом вопросе) сказать, что у него был божий дар энциклопедиста. И это компенсировало его «поверхностность». В большом коллективе физиков-теоретиков необходим был человек и такого стиля мышления.



После семинара Д. Д. Иваненко (1967 г.): А. А. Соколов, Д. Д. Иваненко, Ю. С. Владимиров, А. С. Жукарев, А. А. Старцев, Б. Н. Фролов, Фи (Вьетнам), Д. Ф. Курдгелайдзе

Б. Если проанализировать научные публикации Д. Д. Иваненко, то окажется, что все оригинальные результаты были опубликованы им в соавторстве с другими физиками, а то, что подписано самим Иваненко, как правило, представляет собой обзоры и рефераты по трудам других авторов. У него были совместные публикации с академиками Г. Гамовым, В. А. Амбарцумяном, Л. Д. Ландау, В. А. Фоком, И. Я. Померанчуком, И. Е. Таммом, с профессорами А. А. Соколовым, В. И. Родичевым и многими другими. Впоследствии он отслеживал в стране наиболее перспективных молодых людей, оказывал им поддержку в виде оппонирования, отзывов, и в конце концов получались совместные публикации.

В качестве примера могу привести наше пособие «Введение в теорию пространства-времени. Часть 1», в котором Иваненко написал лишь историческое введение. Мне рассказывали, как писались совместные книги Д. Д. Иваненко и А. А. Соколова: «Классическая теория поля» и «Квантовая теория поля», за которые они получили Сталинскую премию. Эти книги четко делятся на две части, принадлежащие Соколову и Иваненко, и мне называли фамилии молодых сотрудников Иваненко, которые писали для него отдельные наиболее содержательные параграфы.

В конце концов, есть некоторые оправдания подобной практике. Далеко не всякий может оценить, что перспективно, а что не заслуживает внимания. Время показало, что Иваненко стал соавтором довольно ярких и значимых работ. Не каждый обладает способностью вовремя заметить

перспективных молодых исследователей и в нужный момент оказать поддержку, в частности, публикацией в соавторстве с именитым ученым. Что же касается подготовки и издания названных выше больших работ, то для этого требуется особое умение подобрать коллектив исполнителей и организовать его работу...

В. Меньше оправданий можно найти гипертрафированному отношению к цитированию его работ другими авторами. Беря в руки какую-либо работу, он прежде всего смотрел в список цитированной литературы. Если он себя не находил, начинался разнос. Многие имена маститых авторов (академика В. Л. Гинзбурга, представителей школы Л. Д. Ландау), которые его игнорировали, обычно нелестным образом поминались в его публичных выступлениях. При этом дело подавалось так, что эти ученые не заботятся о приоритетах советской науки, игнорируют работы ученых Московского университета и т. д. Имея в виду сказанное выше, легко понять, что у многих коллег подобные утверждения далеко не всегда вызвали сочувствие.

Замечу, что на лекциях и в дискуссиях на семинарах Дмитрий Дмитриевич усиленно внедрял в жизнь термин «коэффициенты Фока—Иваненко» или «модель ядра Иваненко—Гейзенберга».

Г. После нашего выпуска Д. Д. Иваненко практически сам не читал своих лекций. Помню, как в самые первые дни после окончания физического факультета, в середине февраля 1961 года, во время традиционного «утреннего» телефонного разговора Иваненко мне заявил, что ему нужно срочно ехать к начальству, поэтому я должен прочитать за него лекцию студентам 4-го курса. «Не в службу, а в дружбу», как он любил говорить в таких случаях. Я опешил от такого предложения, но делать нечего: придя в себя стал выяснять, о чем читать лекцию. Он в самых общих словах обрисовал тему лекции. Трудно описать свое состояние на первой лекции, когда мне, только вчера окончившему факультет, пришлось ее читать почти своим ровесникам, причем за маститого профессора. Через неделю ситуация повторилась. Опять ему нужно было ехать к начальству, а мне читать очередную лекцию. Так я прочитал почти весь его курс, за исключением заключительной лекции.

После меня за него читали лекции В. Н. Пономарев, П. И. Пронин, Г. А. Сарданашвили и другие его молодые сотрудники.

В данном случае я только благодарен Дмитрию Дмитриевичу. Разве бы мне, совсем молодому сотруднику (тогда еще старшему лаборанту) начальство кафедры и факультета позволило бы официально читать специальный курс студентам-теоретикам 4-го курса? Никогда! А тут я имел возможность с самого начала своей трудовой деятельности глубоко продумать содержание общей теории относительности и смежных вопросов теоретической физики и постепенно выработать свой собственный курс, который потом составил основу моей монографии «Системы отсчета в теории гравитации».

Д. Характерной особенностью Дмитрия Дмитриевича была его многословность. Все его выступления были черезчур затянутыми, выходящими за рамки разумного регламента. Особенно было не по себе тем, кто его слышал неоднократно. Говорил он довольно сумбурно, и стенографистки обычно мучились при расшифровке его выступлений, однако общая линия его речей была довольно прозрачной. Как правило, он начинал с глобальных вопросов, с интересов мировой науки, престижа страны или, на худой конец, интересов Московского университета. По ходу дела он говорил о достижениях своей группы, ругал Гинзбурга или кого-нибудь другого за игнорирование его основополагающих «приоритетных» работ и только потом, создав глобальные рамки, переходил к существу рассматриваемых на заседании вопросов.

Е. В более поздние годы Иваненко часто попрекал всех, кому он чем-либо помог, стремился к тому, чтобы все окружающие его чувствовали себя за что-то обязанными ему и не забывали об этом. При этом он часто произносил фразу, приписываемую М. Горькому: «Бойтесь делать добрые дела!»

Ж. Не всегда Дмитрий Дмитриевич поступал чистоплотно. Он не скрывал, что не считает зазорным присвоить понравившуюся ему книгу или оттиски. Неоднократно мне жаловались секретарши редакций, что Дмитрий Дмитриевич, побывав у них, унес ту или иную только что поступившую к ним книгу. Потом я видел эту книгу у него, и он говорил, что ему ее прислали. Рассказывали, что, работая в Тимирязевском институте, Д. Д. Иваненко унес из института стулья и отказался их вернуть.

3. В заключение хотелось бы добавить еще несколько штрихов к портрету Дмитрия Дмитриевича.

Иваненко был ярко выраженным совой. Он поздно ложился и поздно, часов в 11 вставал. В связи с этим он подолгу задерживал людей после семинара. Для меня, жаворонка это было нелегко.

У него были недюжинные способности гипнотического воздействия на слушателей. Сам он был довольно невзрачным, невысокого роста, да и голос его особой силой не отличался, но он оказывал несомненное воздействие на тех, кто его мало знал. Да и на нас, своих учеников, он оказывал гипнотическое действие, убеждая в перспективности (важности) тех или иных задач.

К моему удивлению, Дмитрий Дмитриевич скупал немалое количество лотерейных билетов. Они вечно вываливались из его бумажника. Насколько я знаю, какие-то значительные выигрыши ему не выпадали. Я удивлялся, он же не мог не знать теорию вероятностей и должен был оценивать вероятность выигрыша. Видимо, у него были какие-то элементы веры в нечто, выходящее за пределы сухой теории вероятностей.

У Иваненко была автомашина — старая, давно исчерпавшая свой ресурс «Победа», в которой постоянно что-то ломалось, и он все время был вынужден обращаться к мастерам, которые откровенно смеялись над

состоянием его машины, говоря, что она так прогнила, что в любой момент может развалиться надвое. Машину он держал в гараже возле главного здания МГУ между административным корпусом и стадионом. На двери гаража красовалось крупное изображение  $\psi^3$  — его любимого нелинейного слагаемого в обобщенном уравнении Дирака. Машина ему была нужна для постоянных визитов к высокому начальству в разных концах Москвы.

В 60-х годах его семья окончательно развалилась. Со своей первой женой (Корзухиной) он развелся со скандалом. Двое его сыновей встали на сторону матери и даже сменили фамилию Иваненко на фамилию матери. Дело дошло до того, что они вместе с невесткой устроили сожжение его чучела перед зданием университета. Дочь же его, жившая в Ленинграде, сохраняла хорошие отношения с отцом.

Как-то в разговоре со мной он посетовал: «Вот в городе встретил своего ученика Эдуарда Теодоровича на шикарной машине с шикарной дамой рядом... И тут посмотрел на свою прогнившую „Победу“, на пустое сиденье рядом с собой, — и мне стало грустно...»

В конце 60-х годов у него начался роман с секретаршей из научного отдела физфака МГУ, Риммой Антоновной Куликовой, более чем на 30 лет младше его. Во время разворачивающегося романа Иваненко попросил меня позаниматься с ней физикой, чтобы подготовить для поступления на физический факультет МГУ. После нескольких занятий я убедился в абсолютной нереальности этой затее<sup>2</sup> и был вынужден прямо сказать об этом Дмитрию Дмитриевичу. Тогда он принял меры, чтобы ее устроить на вечернее отделение филологического факультета МГУ.

Вскоре она стала его заботливой женой, и в том, что он прожил до 90 лет, огромная заслуга принадлежит Римме Антоновне.

На его голове была большая шишка, которую он пытался прятать в шевелюре седеющих, а затем крашенных волос. В связи с этим он выражал беспокойство, и его преследовала мания, что у него рак. В середине 70-х годов ему сделали операцию, — вырезали эту шишку, — оказалось, что это не рак, а обыкновенная гематома. Тем не менее, он все-таки скончался от рака, но совсем иного органа.

#### 4.1.3. Кафедра теоретической физики физфака МГУ

Поскольку профессор Иваненко работал на кафедре теоретической физики физфака МГУ, то и гравитационная комиссия, а затем секция гравитации Минвуза СССР фактически базировались на нашей кафедре. Долгое время возле двери кабинета Иваненко со знаменитыми надписями великих физиков красовалась табличка «Советская гравитационная комиссия».

До 1965 года наша кафедра называлась кафедрой статистической физики и квантовой механики, и сотрудники читали лекции по квантовой

<sup>2</sup> В то время у меня был достаточно большой опыт репетиторской деятельности. Как для меня, так и для многих моих молодых коллег это был тогда единственный способ заработать на кооперативную квартиру.

механике (проф. А. А. Соколов, проф. И. М. Тернов и их ученики), статистической физике (проф. А. А. Власов, проф. Я. П. Терлецкий и другие), теоретической механике (доценты В. В. Петкевич, И. И. Ольховский и другие), а также вели ряд специальных курсов для студентов 4-го – 5-го курсов.

Официально заведующим кафедрой был академик Николай Николаевич Боголюбов, но мы его видели на кафедре всего два-три раза, да и то мельком, поскольку он по совместительству сначала возглавлял Институт теоретической физики АН УССР в Киеве, а потом после кончины



Академик Н. Ч. Боголюбов во время конференции в Дубне.  
(Фото И. М. Тернова)

Д. И. Блохинцева долгие годы был директором Объединенного Института ядерных исследований в Дубне. Мировую известность получили его работы в области математической физики и квантовой теории поля. Совместно с Д. В. Ширковым он написал основательную монографию «Введение в теорию квантованных полей». Специально гравитацией он не занимался, однако благосклонно относился к этой сфере деятельности, в частности, рекомендовал заняться проблемами общей теории относительности своему ученику В. Н. Мельникову<sup>3</sup>.

Поскольку на факультете Боголюбов практически не бывал, то фактическим руководителем кафедры был его заместитель профессор Арсений Александрович Соколов, в конце 40-х – начале 50-х годов бывший деканом физического факультета. Когда же после студенческих выступлений и смены руководства страны его сняли, деканом факультета был назначен профессор В. С. Фурсов, ученик академика И. Е. Тамма, занимавший этот пост рекордное время: с 1954 до 1989 года. С его приходом на факультет были приглашены многие известные академики.

В предыдущей книге уже шла речь об истории кафедры до начала 60-х годов, отмечался большой разброс научной тематики и круга интересов ее ведущих профессоров. К этому нужно также добавить самобытность их характеров и свойственную им нетерпимость к позициям своих коллег. Кафедру лихорадило. Заседания кафедры порой проходили бурно. Особо напряженное положение сложилось в отношениях между сотрудниками, преподававшими статистическую физику. В те годы ею занимались профессора А. А. Власов, Я. П. Терлецкий, доцент И. И. Ольховский и ученики академика Н. Н. Боголюбова: И. А. Квасников, В. Кукин и некоторые другие. Поскольку Боголюбов практически не появлялся на кафедре, его

<sup>3</sup> В. Н. Мельников в конце 80-х годов стал президентом Всесоюзного, а затем Российского гравитационного общества.



4.1. В группе профессора Д. Д. Иваненко

Кафедра теоретической физики физфака МГУ в 1967 году. Сидят: (Пустое место отсутствовавшего Д. Д. Иваненко), И. М. Тернов, Я. П. Терлецкий, А. А. Власов, А. А. Соколов, И. И. Ольховский, В. В. Петкевич, Б. К. Керимов. Стоят: Б. И. Лысов, А. И. Наумов, Л. Коровина, Ю. С. Владимиров, Ю. М. Лоскутов, Н. Е. Уварова, М. М. Колесникова, А. Б. Куканов, Д. Ф. Курдгелаидзе

ученики оказались в наиболее уязвимом положении. В конце концов это привело к разделу кафедры. Боголюбов возглавил кафедру с прежним названием, оставив на ней своих учеников и некоторых других сотрудников прежней кафедры, а вся «старая гвардия», т. е. профессора А. А. Соколов, Д. Д. Иваненко, А. А. Власов, Я. П. Терлецкий со своими учениками были выделены в кафедру теоретической физики — со старым, довоенным названием.

В разделе кафедры были заинтересованы и другие лица, в частности, профессор А. А. Соколов. До середины 60-х годов ему не доверяли официального руководства кафедрой. Арсения Александровича это тяготило, и он предпринимал усилия, чтобы стать заведующим кафедрой, но это удалось осуществить только в 1965 году. Был свой интерес и у профессора Д. Д. Иваненко. При разделе кафедры ему удалось перевести своих сотрудников из ГАИШа (Д. Ф. Курдгелаидзе и меня) в штат кафедры теоретической физики<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Я в ту пору работал на кафедре младшим научным сотрудником временно вместо уехавшего в длительную заграничную командировку ученика Соколова А. Б. Куканова. Получилось так, что летом 1965 года он вернулся, а я, приехав с международной гравитационной конференции в Лондоне, оказался в прежней должности старшего лаборанта ГАИШа. Таким образом, вопрос о моем трудоустройстве оказался возможным благодаря разделу кафедры. Не знаю деталей, но впоследствии А. А. Соколов неоднократно заявлял, что кафедру якобы разделили из-за Владимира, — видимо, ему представлялось выгодным подавать все случившееся в таком свете.

#### 4.1.4. Штрихи к портрету профессора А. А. Соколова

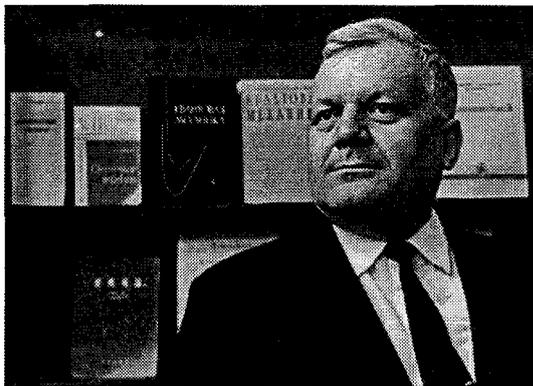
После деления кафедры Арсений Александрович начал сооружать вокруг себя основательную, глубоко эшелонированную оборону. Человек он был обстоятельный, все делал капитально, с гарантией. В ректорате высокий пост занял его ученик, впоследствии ставший первым проректором МГУ, профессор И. М. Тернов, секретарем парткома факультета был избран сотрудник кафедры доцент И. И. Ольховский. Сам Соколов состоял в ВАКе, в ряде высоких комиссий, в редакции журнала «Известия ВУЗов (Физика)», в президиуме секции гравитации НТС Минвуза СССР и в других должностях.

В отличие от Д. Д. Иваненко, Соколов был прекрасным вычислителем. Он умел решать сложные уравнения математической физики, используемые в квантовой механике, и не чурался громоздких и трудоемких выкладок. В этом отношении союз Иваненко с Соколовым на первых этапах их сотрудничества был удачным и плодотворным. Иваненко располагал информацией и идеями, а Соколов их обсчитывал. Это проявилось в работах по синхротронному излучению, в уже упомянутых работах по подсчету гравитационных трансмутаций элементарных частиц и в других задачах.

Бесспорно, А. А. Соколов был тружеником в науке. Он мог самостоятельно писать книги и мог организовать своих сотрудников при работе над рукописями. В итоге им было написано порядка десятка книг в содружестве с учениками. Многие из них были переведены на иностранные языки. В связи с юбилеем Соколова меня попросили сфотографировать его для стенной газеты на фоне выставки его книг в библиотеке физфака МГУ. Его лицо так и светилось от удовлетворения и гордости за проде-



Профессора И. М. Тернов, Д. Д. Иваненко, А. А. Соколов (1967 г.). (Фото автора)



Профессор А. А. Соколов на выставке своих книг в «читалке» физфака МГУ (1967 г.). (Фото автора)

ланный труд. Этим он также резко отличался от Д. Д. Иваненко, который был не способен к длительной сосредоточенной работе над книгами.

Но Арсений Александрович не относился к разряду мыслителей, — он занимался просто теоретической физикой, но отнюдь не фундаментальной теоретической физикой. Его не интересовали проблемы, связанные с осмыслением основ физического мироздания. Соколов успешно развивал квантовую теорию на основе общепринятых уравнений и принципов.

Арсений Александрович был довольно грузным человеком большого роста с тяжелым взглядом, под которым окружающие себя чувствовали неловко. На одном из заседаний кафедры после обсуждения чьей-то диссертационной работы вспыхнула дискуссия о красоте уравнений Эйнштейна, о логической стройности общей теории относительности. Д. Д. Иваненко стал говорить о строгости и четкости исходных принципов, Л. С. Кузьменков сделал замечание с позиций статистической физики, кто-то затронул вопрос о связи с квантовой механикой. Начался шум и перепалка... И вдруг доселе дремавший за председательским столом А. А. Соколов громогласно изрек:

— А самая великая вещь — это уравнения Дирака!

И смолк. И мигом замолкли все присутствующие. В аудитории воцарилась тишина.

Всем было известно, что Арсений Александрович не являлся гравитационистом и в области общей теории относительности не работал. Это был типичный полевик.

А. А. Соколов, не в пример Д. Д. Иваненко, очень добросовестно относился к своим лекциям, всегда их читал сам, доверяя это ученикам только в самых крайних случаях (в свое отсутствие или при болезни).

С ним был такой случай. Читает Арсений Александрович поточную лекцию по квантовой механике в центральной физической аудитории. В потоке более 200 студентов. Грузно, важно «плавает» вдоль доски. Тяжело

вздыхая и пыхтя, тщательно выписывает на доске длиннющие формулы. Известно, что Арсений Александрович всегда добросовестно выписывал все собственные значения и собственные функции квантовомеханических операторов для гармонического осциллятора, ротатора или атома водорода. А материал этот громоздкий и нудный. По-существу, это подробное изложение задач математической физики. Чувствуется, что выписывать все это на доске, наверное, в двадцатый раз читаемой на эту тему лекции, ему скучно. И тут Арсений Александрович глубоко зевнул, да так сладко, что это видела вся аудитория.

Через несколько минут приходит к нему записка. Важно наклоняется Арсений Александрович, протягиваясь через широкий стол за запиской, берет ее и степенно разворачивает. У него была привычка читать записки сразу вслух и тут же отвечать. И на этот раз он с ходу громко читает на всю аудиторию: «Зеваем вместе с Вами. Братя Карамазовы». Только закончив читать, он сообразил, что в ней написано. В аудитории, конечно, разразился хохот. Арсений Александрович гневно взглянул на студентов, бросил мел и величественно покинул аудиторию.

В феврале 1969 года, к 90-летней годовщине со дня рождения А. Эйнштейна, Иваненко где-то раздобыл его большой портрет и принес на кафедру. Вместе с Дмитрием Дмитриевичем было несколько человек: дипломница Соня Петряева, несколько аспирантов и я. Дмитрий Дмитриевич стал выбирать в кабинете место для портрета. Поставил в одном месте, отошел, посмотрел — не понравилось. Переставил в другое место, — тоже не то. Наконец, выбрал для портрета самое видное место. И тут в комнату входит Арсений Александрович.

— Арсений Александрович, Вы ничего не замечаете в комнате? — обращается к нему Иваненко.

Соколов уставился на дипломницу, расплылся в улыбке и с восторгом утвердительно произнес:

— Эге, девушка...

Портрета Эйнштейна Соколов не заметил.

Из песни слова не выкинешь, — а эта история уже не из разряда юмористических. В конце 60-х годов у Иваненко закончил аспирантуру его ученик Толя Наумов, толковый, подающий большие надежды молодой человек, который специализировался в области квантовой теории поля и физики элементарных частиц. Это был редкий случай, — сразу же по окончании аспирантуры его оставили при нашей кафедре. Диссертация у него уже была готова. А на ее защите, точнее, после ее защиты, случилась очень некрасивая история.

Как в те годы (да и в последующие) было принято, после защиты диссертант организовал банкет, причем он его сделал на квартире своих родителей. На банкет были приглашены коллеги, сотрудники кафедры, его друзья и знакомые. В числе приглашенных был и заведующий кафедрой профессор А. А. Соколов, и, конечно, руководитель Д. Д. Иваненко, оппоненты, и члены группы Иваненко, среди которых был и я.

Стол был прекрасный, — вина, водка, закуски, — все на высоком уровне. Вечер также прошел прекрасно. Было произнесено много красивых то-стов за диссертанта, за его успехи в науке, за его жену, за его родителей, за руководителя диссертанта, за заведующего кафедрой, обеспечившего прекрасные условия для работы и т. д. Банкет затянулся допоздна. Где-то около 23 часов я должен был уйти. Уже находясь в коридоре, я краем уха услышал, что кто-то из друзей диссертанта стал говорить о каком-то целебном корне, привезенном из Африки. Будто бы он обладает свойствами корня жень-шеня, излечивает от многих болезней. Тут же корень стали показывать, путив по рукам вдоль стола.

Все, что там произошло потом, я узнал уже в университете на следующий день. Несколько человек было увезено с больницу, в том числе и ближайший ученик Соколова доцент Ю. М. Лоскутов. Несколько других отделались легче, обошлось без больницы. У всех отведавших корень, сильно опухли губы, язык и вся полость рта и горла. Кажется, лизнул корень и А. А. Соколов.

Дальше события развивались стремительно. Соколов приказал сообщить о случившемся в органы КГБ, заявив, что это была преднамеренная диверсия, совершенная с участием сионистских кругов. (Во время банкета Соколов увидел жену Наумова и узрел в ней то ли явную, то ли смешанную еврейку.) Он всем говорил, что его и других крупных советских ученых специально заманили на квартиру, чтобы отравить и тем нанести ущерб советской науке. Он требовал, чтобы органы КГБ как следует разобрались в этом деле и сурово наказали виновных.

Приезжал следователь, опрашивал участников банкета, но время уже было не то. Следователю стало ясно, что это была чистая случайность, досадное недоразумение. Дело «шить» не стали. Тогда Соколов сам стал принимать меры. Он вызвал Наумова и его жену в свой кабинет, обвинил в преднамеренной диверсии, накричал, обругал их матом и приказал Наумову убираться с его кафедры. Конечно, Наумову пришлось с нашей кафедры уйти. Сначала некоторое время он работал на мехмате, преподавал там теоретическую физику, но вскоре ему пришлось уйти и оттуда. Он перешел работать в Московский государственный педагогический институт. Его научная карьера была сломана, и там как ученый он постепенно угас<sup>5</sup>.

115

#### 4.1.5. На симпозиумах и школах по теории гравитации

Опираясь на материальную поддержку Минвуза СССР, Д. Д. Иваненко, помимо описанных выше всесоюзных и международных конференций, способствовал организации ряда более мелких симпозиумов или школ в разных городах страны. Кроме того, на других конференциях по теоретической физике по его инициативе работали специальные гравитационные секции.

<sup>5</sup> Мы с ним работали по разной тематике, и на долгое время я его потерял из виду. Спустя несколько лет я узнал, что Толя тяжело болен. Через некоторое время он скончался от рака.



На Ужгородской конференции 1961 г. В центре на фоне бочки: председатель откомитета школы проф. Ю. М. Ломсадзе и проф. Д. Д. Иваненко

1. Сразу же после проведения 1-й Советской гравитационной конференции осенью того же 1961 года в Ужгороде состоялась IV Межвузовская конференция по теории квантованных полей и элементарных частиц. Это была ежегодная конференция, которую организовывал профессор Юрий Мелитонович Ломсадзе, обаятельный грузин, абсолютно не знавший грузинского языка, поскольку с младенчества остался сиротой и его усыновила украинская семья в Ужгороде. На этой конференции также была создана специальная гравитационная секция.

Могу засвидетельствовать, что в тот год у Дмитрия Дмитриевича еще сохранялись дипломатические отношения с патриархом отечественной гравитации академиком В. А. Фоком. Помню, во время экскурсии в карпатское село Средне, когда Владимир Александрович одиноко стоял на обочине дороги, Д. Д. Иваненко подвел меня к нему, представил как своего ученика и сказал несколько лестных для меня слов. Фок протянул мне руку и сказал что-то вежливое, и они обменялись несколькими фразами.

В памяти осталось выступление Г. А. Соколика по компенсационной (калибровочной) трактовке взаимодействий, которое было подготовлено совместно с Д. Д. Иваненко и А. М. Бродским. Надо отдать должное Иваненко, который во-время заметил и оценил направление мысли, ставшее спустя полтора-два десятилетия чрезвычайно модным. На эту тему будет написано несколько монографий, защищен ряд докторских диссертаций. Помню, Соколика во время доклада спросили, почему подход назван компенсационным. «Знаете ли, — ответил он, — я являюсь соавтором доклада, но не автором его названия».

Ужгородские конференции проходили и в последующие годы с обязательной гравитационной секцией. Обычно эти конференции проводились осенью, когда уже созрел урожай фруктов и даже поспевало молодое виноградное вино. Банкеты устраивались в живописных местах Закарпатья прямо на открытом воздухе, а некоторые застолья — даже в винных погребах, где на гигантских бочках с вином Д. Д. Иваненко выписывал формулы из теории относительности под гул одобрения подвыпивших посетителей.

2. Летом 1963 года в Тарту был проведен Всесоюзный симпозиум по проблемам гравитации, фактически ставший представительной, но небольшой конференцией. В его работе приняли участие академик В. А. Фок, член-корр. АН СССР Д. И. Блохинцев (в то время директор ОИЯИ в Дубне), профессора А. З. Петров, Д. Д. Иваненко, А. А. Соколов, А. Е. Левашев, М. Ф. Широков, Я. А. Смородинский и многие другие гравитационисты из разных городов страны.

117



На летней школе в Тарту. В перерыве между заседаниями: Д. Д. Иваненко, Н. В. Мицкевич, Д. В. Белов, ?, И. И. Гутман, В. С. Брежнев. Иваненко говорит: «Теперь вы видите, что наша группа самая сильная!» (Фото автора)

Мне запомнилась прогулка участников школы по парку возле Тарусского университета. Несколько впереди бодро вышагивал профессор М. Ф. Широков в бумажной шапочке, сложенной из газеты, а мы, ученики Иваненко и примыкающие к его группе, шли, окружив своего шефа. Обсуждались доклады этого дня. Отметив недочеты выступлений представителей других групп, Иваненко воскликнул: «Теперь вы видите, что наша группа самая сильная!» И тут же добавил: «В смысле понимания, конечно».

Участников конференции расселили в нескольких зданиях. Мы с Н. В. Мицкевичем (ученики Иваненко) и И. Г. Фихтенгольцем (учеником Фока) — зятем известного математика, автора трехтомника по дифференциальному и интегральному исчислению, оказались в одной комнате полупустого (летом) женского общежития. Мы, несмотря на ссору шефов, очень подружились с Ильей Фихтенгольцем и сохранили дружбу на многие годы.

3. По инициативе Д. Д. Иваненко в 1964 году в Киеве состоялся философский симпозиум по философским проблемам гравитации в Киеве, на котором разгорелась характерная для того времени дискуссия о сущности гравитации. О ее сути будет рассказано особо.

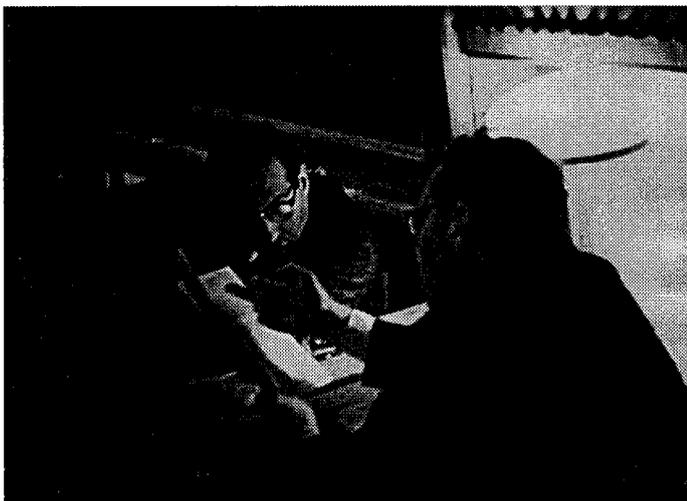
4. Поскольку Иваненко живо интересовался проблемами геологии и гравиметрии, то он организовал также несколько небольших симпозиумов по этим проблемам в Москве.

## 4.2. На семинарах профессора Д. Д. Иваненко

С 1960 года на физическом факультете МГУ под руководством Д. Д. Иваненко работало два еженедельных семинара: четверговый — по гравитации и понедельничный — по элементарным частицам. На каждом из них по рядам пускался регистрационный журнал, который, к сожалению, куда-то исчез, так что приходится воспроизводить некоторые обстоятельства по памяти.

### 4.2.1. Спектр обсуждавшихся проблем

В течение 12 лет гравитационный семинар Иваненко фактически был своего рода форумом гравитационной мысли в СССР. На нем выступало большинство видных советских физиков-гравитационистов: профессора А. З. Петров (Казань), К. П. Станюкович (Москва), А. Е. Левашев (Минск), Я. П. Терлецкий (Москва), М. Ф. Широков (МАИ), академик Л. И. Седов (Москва), академик АН ГССР М. М. Мирианашвили (Тбилиси), академик АН ЭССР Х. П. Керес (Тарту), член-корр. АН Арм. ССР Г. С. Саакян (Ереван), В. Б. Брагинский (Москва) и многие другие. Более того, семинар Иваненко был широко известен за рубежом и стал одним из международных центров научной мысли в области теории гравитации и смежных проблем теоретической физики. На семинаре Иваненко в те годы вы-



Ю. Швингер (США) беседует с Д. Д. Иваненко после семинара. (Фото автора)

ступали Дж. Уилер (США), Ю. Швингер (США), К. Торн (США), Ф. Хойл (Англия), Х. Меллер (Дания), Ж. Н. Вижье (Франция), В. де Саббата (Италия), Т. Редже (Италия), А. Траутман (Польша), Е. Плебаньский (Польша), Н. Калицын (Болгария), Л. Яноши (Венгрия), Э. Шмутцер (ГДР), Г. Тредер (ГДР) и др.

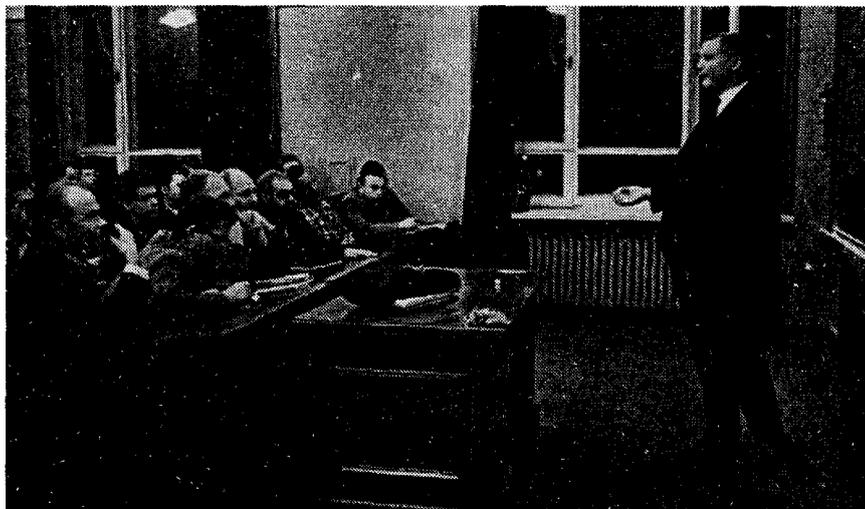
119

Отмечу ряд примечательных выступлений и событий, с ними связанных.

Содержательный доклад по проблемам квантовой теории поля сделал **Ю. Швингер**. После семинара Иваненко пригласил его в свой кабинет, где показал знаменитые надписи на стенах, оставленные великими физиками, и предложил ему что-нибудь написать. Но Швингер отказался, заявив, что это сделает в следующий раз. Когда Швингер уже ушел, Иваненко с облегчением вздохнув, сказал: «Слава Богу, что он не стал писать, — не тот ранг». А буквально через два года Швингер был удостоен Нобелевской премии вместе с Р. Фейнманом.

В середине 60-х годов в моде были исследования по аксиоматике квантовой теории,  $S$ -матричной формулировке квантовой теории, теории дисперсионных соотношений Манделстама, полюсам Редже. Дело дошло до того, что в то время неприлично было писать лагранжианы, которые воспринималось как пройденный этап. При расчетах квантовых эффектов опирались на свойства полюсов в комплексной плоскости.

И вот в МГУ приехал сам **Т. Редже** (Италия), автор знаменитых одноименных полюсов. Иваненко, конечно, пригласил его выступить на своем семинаре, после которого состоялась уже более узкая беседа в его кабинете. По окончании беседы Иваненко заявил, что «сам Редже реджистом не является».



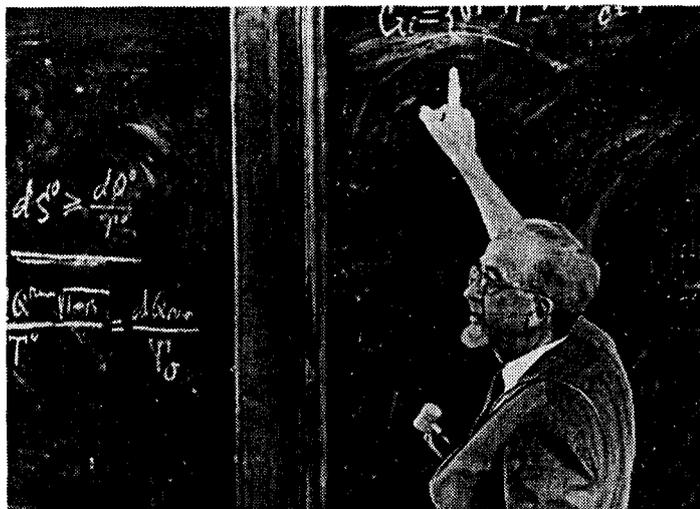
Т. Редже (Италия) выступает на семинаре Д. Д. Иваненко

После выступления Редже Н. В. Мицкевич написал такие строчки:

Устарели замысли дирачы,  
 Ныне правду Ли и Янги режут.  
 Теоретик, вставши на карачки,  
 Сквозь мозги протаскивает Редже.

Эх, мозги мои, мозжечки мои,  
 Щитовидная ты железа,  
 Где тут физика, где алхимия,  
 Разглядят ли мои глаза?

В конце 60-х годов, сразу после 5-й Международной гравитационной конференции в Тбилиси, на семинаре Иваненко выступил профессор Х. Меллер (Дания). Перед этим в нашей стране был издан перевод на русский язык его книги «Общая теория относительности» под редакцией Д. Д. Иваненко. Помню, Иваненко с большим трудом «выбивал» из издательства «Мир» гонорар для Меллера за издание его книги. На семинаре Меллер говорил о проблеме законов сохранения энергии-импульса в общей теории относительности. Как уже отмечалось, он сформулировал требования, которым должен удовлетворять искомый псевдотензор энергии-импульса гравитационного поля и сам же доказал важную теорему о том, что из компонент метрического тензора и его производных невозможно построить псевдотензор, удовлетворяющий сформулированным условиям. А спустя полтора десятилетия у нас в стране академиком А. А. Логуновым была развернута критика известных псевдотензоров гравитационного поля, предложенных Ландау и Лифшицем и другими авторами. Фактически



Х. Меллер (Дания) выступает в МГУ на семинаре Д. Д. Иваненко. (Фото автора)

сторонники Логунова «ломались в открытую дверь», не зная результатов Меллера, которые были получены в середине 60-х годов и изложены на семинаре Иваненко.

Чрезвычайно интересным и необычным для того времени было выступление **Ф. Хойла** (Англия) по теории прямого межчастичного гравитационного взаимодействия. Необычность состояла в том, что в то время все описывали гравитационное взаимодействие на основе эйнштейновской общей теории относительности, т. е. в рамках концепции ближкодействия, а в выступлении Хойла говорилось о концепции дальнодействия и о его с Дж. Нарликарсом специфической теории прямого межчастичного гравитационного взаимодействия. Многие слушатели, особенно молодые, с недоверием восприняли теорию, радикально отличающуюся от общепринятой. И это не удивительно, ведь нас тогда воспитывали в духе однозначного подхода, а тут, оказывается, можно описывать гравитацию и так, и эдак. Помню, у многих тогда возникал вопрос: Что же является правильным?

После выступления Хойла, как всегда, в кабинете Иваненко состоялась беседа, в ходе которой докладчик почему-то позиционировал себя как писатель-

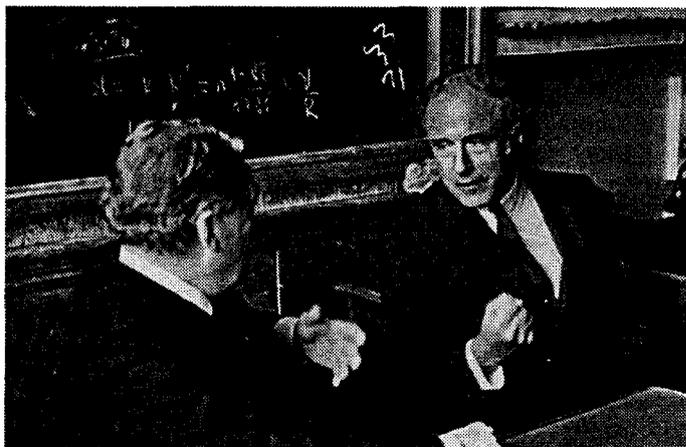


Ф. Хойл (Англия) выступает на семинаре Д. Д. Иваненко. (Фото автора)

фантаст. Это, видимо, объяснялось тем, что незадолго до этого была издана его научно-фантастическая книга «Черное облако», в которой речь шла о фантастическом существе в виде черного облака, которое подзаряжалось энергией от нашего Солнца. Описывалась попытка получить от него новую информацию о физическом мироздании, которая привела контактера к потере рассудка: знания, переданные ему облаком, были столь необычны, что не укладывались в сознании земного человека.

Неоднократно на семинаре Иваненко выступал профессор Дж. Уилер из США. Как я понял из разговоров с коллегами, Дж. Уилер в Америке слыл большим фантазером. Некоторые склонны были его сравнивать с Д. Д. Иваненко, поскольку он также обладал необыкновенной эрудицией в вопросах фундаментальной теоретической физики, живо интересовался вопросами обобщений существующих принципов физики. Ранее уже писалось о созданной им теории геометродинамики, в которой он продолжал намеченную Клиффордом и Эйнштейном линию геометризации физики. Но Дж. Уилер был известен и своими совместными работами с Р. Фейнманом по теории прямого межчастичного взаимодействия, а также рядом его необычных идей и гипотез, например, о переходе к  $S$ -матричной формулировке квантовой механики, о том, что античастицы движутся в обратном направлении времени и др.

Когда Д. Д. Иваненко пригласил Дж. Уилера после выступления в свой кабинет, он, не дожидаясь каких-либо вступительных слов, сразу же сам задал тему беседы, спросив: «Почему элементарные частицы, например, все электроны, неважно, где они находятся в мире, обладают одинаковыми массами?» Иваненко пытался что-то сказать на этот счет, но Уилер выразил мысль, что, видимо, этот факт обусловлен свойствами окружающей нас Вселенной. В конце беседы Иваненко обратил внимание Уилера на



Беседа в кабинете Д. Д. Иваненко с Дж. Уилером (США) после его выступления. (Фото автора)

надписи великих коллег, побывавших в его кабинете: П. Дирака, Х. Юкавы, Н. Бора и попросил его тоже что-нибудь написать. Я ожидал, что он задумается. Помню, Н. Бор думал более суток, советовался с сыном и лишь потом по бумажке написал свою знаменитую фразу. Но Уилер, не раздумывая ни секунды, взял мел и написал: «Не может быть теории элементарных частиц, имеющей дело только с элементарными частицами. Ученик Н. Бора».

Во время одного из приездов Уиллера в Москву мне довелось быть в числе сопровождавших его на экскурсии по Московскому университету. Чтобы понять, с кем имеет дело, он спросил меня, чем я занимаюсь. Я ответил, что работаю над проблемой квантования гравитации. Тогда он задал четкий вопрос, на который мог бы ответить лишь тот, кто действительно погружался в эту проблему. Поняв, что я не являюсь приставленным к нему агентом КГБ, Уиллер успокоился.

Запомнилось выступление профессора **В. де Саббата** из Италии, с которым мы нашли ряд общих интересов. Во-первых, он также интересовался проблемами квантования гравитации и, во-вторых, исследовал возможные проявления закрученности пространства-времени. Отмечу, что при рассмотрении этих вопросов де Саббата не забирался в глубокие философские дебри, а ограничивался вычислениями в рамках линеаризованной теории гравитации и оценками возможных процессов.

Из советских докладчиков на меня сильное впечатление произвело выступление профессора **И. С. Шапиро** из МГУ, в котором он предлагал перейти от множества действительных чисел к полям Галуа. Развивая на этой основе новую теорию дискретного пространства-времени, он пытался ее применить для описания слабых взаимодействий элементарных частиц.

В конце 60-х годов на семинаре Д. Д. Иваненко выступил **Ю. И. Кулаков** (Новосибирск) со своей только что сформулированной теорией физических структур. Однако я в то время не обратил на нее должного внимания и стал широко использовать и обобщать ее лишь спустя полтора десятилетия.

Были и многие другие интересные доклады, выступления и рефераты новых работ зарубежных авторов (их было большинство). Что же касается меня, то я неоднократно выступал по проблемам квантования гравитации, а также с докладом об аксиоматике геометрии вообще и о предложенной мной аксиоматизации общей теории относительности. Мне пришлось также выступать с рефератами статей зарубежных авторов, в частности по работам Крускала, где предлагались специфические преобразования координат, включающие область внутри черной дыры. Помню, тогда проблемой черных дыр заинтересовался И. Д. Новиков, бывший тогда еще аспирантом А. Л. Зельманова.

#### 4.2.2. Дискуссионные проблемы на семинаре Д. Д. Иваненко

Иногда на семинарах Д. Д. Иваненко были выступления, резко отличающиеся от традиционной тематики, а порой и совершенно не вписывающиеся в рамки общепринятой парадигмы.

1. На одном из заседаний гравитационного семинара выступил профессор ГАИШ (МГУ) Б. А. Воронцов-Вельяминов, автор широко известной, популярной книги «Очерки о Вселенной». Многие, в том числе и я сам, еще в школьные годы знакомились с астрономией по этой книге. Однако его выступление меня удивило. Прежде всего, он без ожидаемого нами почтения относился к общей теории относительности. Более того, он утверждал, что между галактиками, скорее всего, действуют силы, отличающиеся не только от предсказаний теории Эйнштейна, но и от ньютоновой гравитации. В подтверждение своей позиции он продемонстрировал фотографии близких галактик, между которыми видны были либо непонятные перемычки, либо хвосты, направленные в противоположные друг от друга стороны. Эти хвосты Воронцов-Вельяминов интерпретировал как проявления сил аномального гравитационного отталкивания.

2. На понедельничном семинаре по теоретической физике заслушались выступления некоего Гулака из Полтавы (родины Д. Д. Иваненко), в которых он пытался интерпретировать закон Тициуса—Боде как проявление закономерностей квантовой механики в масштабах Солнечной системы. Другими словами, обнаруженная средневековыми естествоиспытателями закономерность в расположении планетарных орбит трактовалась им как их квантованность. Это фактически означало допущение ограниченности радиуса гравитационного воздействия от Солнца.

3. Особое впечатление на участников гравитационного семинара произвело выступление некоего Кириллова, работника Московского городского дома пионеров, который пытался доказать, что Земля постепенно расширяется. Докладчик принес с собой большущий мешок с разновеликими глобусами, на которых были нанесены материки, как они должны были бы выглядеть на Земле меньших радиусов. На самом маленьком глобусе материки вплотную соприкасались друг с другом, так что для океанов не оставалось места. На глобусе немного большего радиуса между материками образовались проемы, заполненные водой, предтечей будущих океанов. Затем на глобусах еще большего радиуса материки все больше расходятся друг от друга, а площадь, занимаемая океанами, расширяется. И так до последнего самого крупного глобуса, соответствующего нынешнему состоянию Земли.

Помню, этот доклад обсуждался серьезно. Высказывалась гипотеза, что распухание Земли можно объяснить постепенным уменьшением гравитационной постоянной. Отмечу, что Иваненко живо интересовался идеями, высказанными еще Дираком и Эддингтоном, о связи мировых констант и о возможности их совместного изменения. (Потом эти идеи развивались в группе профессора К. П. Станюковича уже без гипотезы о расширении Земли.)

4. Д. Д. Иваненко ввязался в дискуссию между представителями двух направлений в геологии: между мобилистами и фиксистами. Первые выступали за подвижность континентов, обосновывая их движение точным



4.2. На семинарах профессора Д. Д. Иваненко

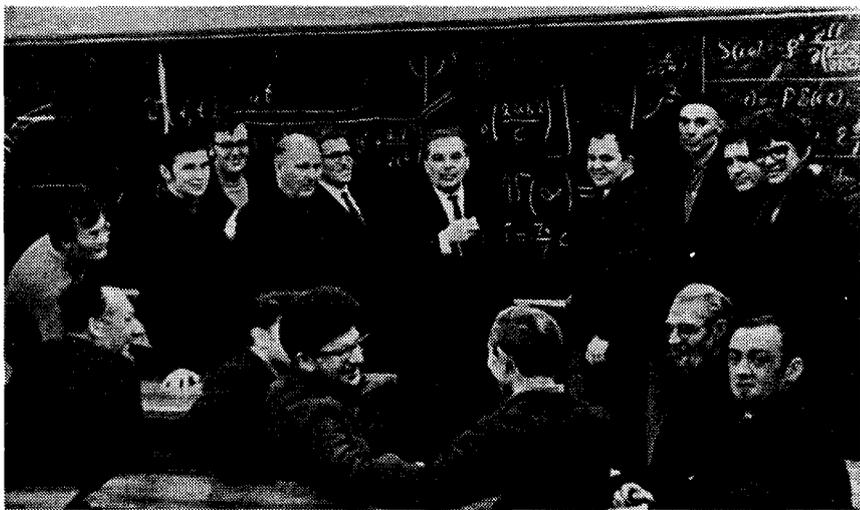
На гравитационном семинаре проф. Д. Д. Иваненко. В первых двух рядах сидят: Д. Д. Иваненко, Л. Ф. Пешкина, Э. Я. Малдыбаева, С. М. Петряева, И. Гайда, В. И. Родичев, О. Х. Гусейнов, ?, Д. Ф. Курдгелайдзе, З. Ф. Ефимов. (Фото автора)

сходством береговых линий западной Африки и восточной части Южной Америки, а также их совпадением с трещиной посередине Атлантического океана. А вторые — настаивали на неподвижности материков. Насколько мне известно, этот спор не утихает до сих пор. Иваненко, конечно же, встал на сторону мобилистов, пригласив выступить на семинаре по этой теме члена-корреспондента АН СССР П. Н. Кропоткина, сотрудника института геологии АН СССР.

5. Этой же, геологической, тематике было посвящено выступление сотрудника ГАИШа, доцента, а потом профессора Марата Усмановича Сагитова, утверждавшего, что трещина посередине Атлантического океана продолжается до Северного полюса, а затем идет через Сибирь до озера Байкал. Д. Д. Иваненко активно поддерживал позицию Сагитова, а затем была опубликована их совместная статья на эту тему.

6. На семинаре был также заслушан доклад зам. директора ГАИШа Н. П. Грушинского об асимметрии фигуры Земли, точнее о ее грушевидности. Известно, что Земля немного сплюснута на Северном полюсе и слегка вытянута на Южном полюсе, что проявляется в виде континента Антарктиды.

Помню, придя впервые на работу в ГАИШ на кафедру гравиметрии, я не знал, что мне там предстоит делать, и слонялся по институту как неприкаянный. Увидев, что девушки на кафедре по поручению Грушинского вымеряли по картам высоты гор в Австралии для уточнения грушевидности Земли, я присоединился к ним. Но на следующий день Иваненко категорически запретил мне участвовать в каких-либо работах по гравиметрической тематике, объяснив, что нужно заниматься только гравитацией.



После одного из семинаров Д. Д. Иваненко (1971 г.). Стоят: А. Ф. Папырин, (Функе, стажер из ФРГ), В. И. Родичев, В. С. Брежнев, Д. Д. Иваненко, С. А. Подосенов, Ю. Г. Сбытов, ?, Старинец. Сидят: А. С. Завельский, ?, Г. Е. Горелик, Аман, Д. Е. Меньшов, А. А. Старцев. (Фото автора)

При обсуждении грушевидности Земли невольно зашел разговор о работах Козырева, пытавшегося объяснить этот и ряд других твердо установленных феноменов на Земле и в Солнечной системе связью хода времени с одним из направлений вращения объектов. Более того, Козырев утверждал, что ход времени сопровождается ростом энергии. Я тогда взял в библиотеке ГАИШа ротапринтное издание трудов Козырева и с интересом его прочитал. Теоретические экскурсы Козырева меня, конечно, не убедили, но приводимая им феноменология типа вращения практически всех планет в одну сторону, одинаковая закрученность раковин и другие факты меня поразили.

Были обсуждения и некоторых других идей, феноменов и гипотез. При этом в группе Иваненко проявлялась завидная терпимость к подобным идеям. Этого не могло быть на семинарах Л. Д. Ландау, где сразу же заявили бы, что это патология, и разговор был бы окончен. Как мне рассказывали, в Ленинграде, когда обсуждались идеи Козырева, В. А. Фок демонстративно выключил свой слуховой аппарат.

Имея в виду упомянутые здесь выступления, Н. В. Мицкевич написал такие строки:

В переменном поле тяжести  
 Расширяется Земля,  
 И константа тоже, кажется,  
 Убывает до нуля.

Континенты режут трещины,  
Дну морей пощады нет —  
Все судьбою мы отмечены  
И мудры мы, как Эдьед.

### 4.3. «Изобретатели»

Профессор Д. Д. Иваненко довольно часто выступал с публичными лекциями в различных организациях, в том числе и в Политехническом музее, где собиралась его послушать многочисленная аудитория. Как правило, после его выступлений на нашу кафедру резко усиливался поток писем, предложений и трудов граждан, не являющихся профессиональными физиками. А поскольку Иваненко не желал сам заниматься этими посланиями, он рекламировал своих учеников, в том числе и меня. Иногда мне даже приходилось во время его выступлений в Политехническом музее сидеть на сцене и классифицировать поступающие к нему с мест записки.

Любой физик-теоретик сталкивался с многочисленными трудами граждан, не имеющих специального образования, но претендующих на решение глобальных физических проблем. Работая в группе Д. Д. Иваненко, мне пришлось прочитать их сотни. Писали люди как с высшим образованием, так и не имеющие среднего. Среди авторов были инженеры, врачи, военнослужащие (был даже опус от одного генерала), рабочие, техники, колхозники и школьники. Значительный процент составляли послания пенсионеров; попадались даже письма от заключенных. Разнообразна форма трудов, в широких пределах варьируются их размеры. Среди них были работы, напечатанные на машинке и переплетенные, объемом в сотню и более страниц, снабженные большим списком цитируемой литературы, что напоминало кандидатские или даже докторские диссертации. Были работы поскромнее, объемом в несколько десятков страниц, но чаще присылались рукописные труды авторов, не владеющих культурой письменной речи и не отягченных знанием премудростей оформления подобного рода корреспонденций. Случалось читать и небольшие письма на листках из ученических тетрадок.

Широко распространено прозвище, данное авторам всех этих трудов: «изобретатели». «Изобретатели» пишут, ходят по инстанциям, обивают пороги институтов, университетов, академий наук и других организаций. При этом их принимают (если принимают) люди разные: и вежливые, и не очень. Ведь нередко изобретателей обижают, резко критикуя и унижая. Особо преуспевают в том молодые и горячие. В начале 60-х годов мне прислали на отзыв труд К. Э. Циолковского из комитета по изучению его научного наследия. В этом труде начала века делалась попытка объяснить строение атома на основе представлений о частицах как неких живых существах, которые способны чувствовать, желать и выбирать. Тогда еще не было квантовой механики и работ Н. Бора он знать не мог. И я составил резко отрицательный отзыв, который должен был подписать еще один

авторитетный специалист, каковым в данном случае был Иваненко. Ознакомившись с предложенным текстом, он провел со мной беседу, заставив максимально смягчить его. Циолковский считается иконой и, хотя его уже не было в живых и он не мог обидеться, нельзя обижать его почитателей. А живые люди? Бывали и эксцессы, в том числе и патологические...

#### 4.3.1. Патологический случай

Чтобы не быть голословным, приведу письмо одного из «изобретателей», направленное в 1961 году на имя проректора МГУ проф. Г. Д. Вовченко: «Прошу Вас разрешить опубликование прилагаемой работы „Операторная квантовая механика — куча математического навоза в физике“ в одном из научных сборников Вашего университета. За этой работой стоят десятки других работ. Все эти работы дают мне право заявить, что пришел конец господству абстракционистского кликушествования в теоретической физике. Долой Ландау и Иваненко, Арцимовичей и Рабиновичей, состоящих на выучке у Махровых идеалистов, создавших аракеевский режим в стране для печатания работ „инакомыслящих“! Да здравствует революция в физике! С глубоким уважением к Вам Пруссов».

Вспоминается и другой эпизод, участником которого я чуть было не стал. Это случилось в январе, кажется, 1969 года. Захожу я как-то на кафедру после приема экзамена по теоретической механике, а секретарь Нина Ефимовна Уварова встречает меня необычно возбужденно:

— О, Юрий Сергеевич! Вы в счастливой рубашке родились! Благодарите Бога, что остались живы!

Я не понимаю, в чем дело, отшучиваюсь, что родился не в рубашке, а лишь с сережкой. Постепенно из ее сумбурного рассказа, пересыпаемого восклицаниями и причитаниями, начинаю понимать, что произошло. Оказывается, только что на кафедре побывал следователь. От него кафедра узнала финал жуткой истории, которая могла бы разыгаться на нашей кафедре.

А дело было так. Два дня тому назад на кафедру приходил какой-то слегка возбужденный человек и спросил у секретарши, может ли он увидеть Владимирова. Он ей объяснил, что у него ко мне дело, что он написал работу, в которой изложено важное открытие. Нина Ефимовна ему объяснила, что я сейчас принимаю экзамен, а когда закончу, то обычно захожу на кафедру и что он может подождать. Этот гражданин сел на диван и стал ждать. Потом он вынул из портфеля какие-то бумаги, сначала их читал, зачем-то рылся в портфеле, несколько раз вставал, прохаживался по комнате, смотрел на часы. Секретарша уловила какое-то возбуждение в его поведении, но не придала этому особого значения. Походив взад-вперед по комнате, он нетерпеливо спросил:

— Ну когда же придет Владимиров?

— Обычно он заходит после часа, — ответила Нина Ефимовна.

Посетитель еще немного посидел, опять взглянул на часы. Я не появлялся. Наконец, у него иссякло терпение, он зло выругался, сказал, что

нигде не добьешься правды и, хлопнув дверью, вышел. В тот день после экзамена на кафедру я так и не зашел. Мы с Вячеславом Витольдовичем Петкевичем, лектором по теоретической механике, сдали ведомость в учебную часть и пошли вместе к метро.

Как рассказал следователь (потом об этом писали в газете, если мне не изменяет память, в «Известиях»), этот гражданин поехал из МГУ в президиум Академии наук на Ленинском проспекте. Там он прошел в кабинет одного из референтов академии и плотно закрыл за собой дверь. Через некоторое время сотрудники услышали какие-то странные звуки, доносящиеся из кабинета. Войдя, они увидели страшную картину: стол был залит кровью, а на нем лежала окровавленная голова.

Сам посетитель и не думал бежать. Он стоял около окна и вытирал о портьеру окровавленные руки. Рядом валялся испачканный кровью скальпель. Посетитель, нисколько не смущаясь, заявил, что так нужно поступать со всеми, кто тормозит развитие советской науки.

Его, конечно, задержали. Выяснилось, что он недоучившийся студент ленинградского медицинского института. Будучи еще студентом, он увлекся глобальными проблемами мироздания, возомнив себя великим ученым, провидцем, постигшим тайны мира. Он забросил занятия медициной и стал писать «труды» по теоретической физике. Чтобы добиться признания, он решил обратиться к известным ученым, но до самых крупных пробиться ему не удалось, и он обращался к более доступным авторитетам. Но и они не хотели признавать его открытий: одни уклонялись от их разбора, другие прямо говорили, что все это чушь. Он, конечно, не соглашался и, наконец, дошел до кафедры теоретической физики МГУ, где ждал меня, а не дождавшись, расправился с первым попавшимся «реакционером» в науке, несчастным пожилым референтом, которому оставалось несколько месяцев до выхода на пенсию.

В этот же день наш заведующий кафедрой профессор А. А. Соколов пригласил меня в свой кабинет и распорядился впредь с «изобретателями» один на один не беседовать, а всегда приглашать на разговор еще кого-нибудь.

К сожалению, описанный эпизод был далеко не единственным. В печати появилось сообщение, что один из «изобретателей» застрелил в ФИАНе физика, не согласившегося дать положительный отзыв на его работу. Предвидя такой исход, он пронес обрез в пенале для чертежей. Аналогичный случай был также в Ленинграде...

#### 4.3.2. О чем пишут «изобретатели»

Как правило, «изобретатели» занимаются глобальными проблемами мироздания. В сферу их интересов входят механизм передачи сил тяготения, строение элементарных частиц, объединение всех известных взаимодействий, решение проблемы корпускулярно-волнового дуализма, новое обоснование периодической таблицы элементов Менделеева, построение дискретных моделей мира от элементарных частиц до всей Вселенной и т. п. Встречаются «решения» и более «скромных» специальных проблем

типа квантования гравитации, объяснения теории относительности, квантовой механики, значений физических констант и др. Но чаще всего в работах даются «решения» сразу всех глобальных проблем мироздания: на меньшее русское умонастроение не откликается с такой одержимостью и верой в успех.

«Изобретатели», как правило, искренне уверены в сделанных ими открытиях и нередко их послания заканчиваются словами типа: «Люди, Вы сможете воспользоваться плодами моего открытия только в условиях мира на Земле. Люди, берегите мир!»

Во многих таких трудах, как в зеркале, отражались перекосы нашей идеологии. Например, оказывается, немалая часть из них всерьез поверила, что преподносимые им в школе и вузах догмы «самой передовой марксистско-ленинской философии» действительно позволяют разобраться без специальной физико-математической подготовки в фундаментальных проблемах физической картины мира и даже сделать новые открытия. Приведу несколько примеров.

В 1966 году военный инженер в отставке В. С. Инякин (1919 г. рождения) в сопроводительном письме на имя ректора МГУ писал: «При этом представляю статью „Воинствующий материализм В. И. Ленина и его завет о физике“ (Теория относительности провалилась, классическая физика воскресла. XXIII съезду КПСС посвящаю), в которой спецпринцип относительности опровергнут элементарными доказательствами на уровне школьной физики. Прошу поместить эту статью в „Вестнике МГУ“ как развитие взглядов покойного профессора МГУ А. К. Тимирязева».

В 1971 году инженер-химик Ф. Н. Назаров (Москва) в сопроводительном письме также на имя ректора МГУ писал: «Математический аппарат, используемый в рукописи, ограничен представлением об арифметике, логарифме и степени, однако понятие о материи должно быть осознано в полной мере с диалектикой материи в трех ее законах, сформулированных Фридрихом Энгельсом. Следует заметить, что переход от обычного представления о пространстве-времени к представлению о пространстве материальном требует определенных усилий, и еще более усилий требуется для оперирования законами диалектики в таком пространстве вышеупомянутыми математическими средствами. <...> В эпоху, когда физике от изучения вещества в явлениях суждено проникнуть в глубины материи, требуется и аппарат, базирующийся на единственно истинном постулате, каким является диалектика самой материи, а не предвзято навязываемой ей извне».

Сказывалась в некоторых письмах и бытовавшая у нас долгое время практика разносов ученых, невзирая на лица, и многое другое. Разнообразна форма изложения трудов «изобретателей»: от конгломерата сухих деклараций до почти художественных произведений. Приведу в оригинале выдержки из работы, озаглавленной автором «Ее Величество Гравитация» с посвящением «Великому Ньютону и Эйнштейну посвящается» и эпигра-

фом «Того, кто раз увидит млечный путь, неделю будут мучить кошмары» (Чарльз Дарвин).

«Вы все все и вся знаете о Гравитации. Что бы вам рассказать такое, что вы не знаете? А вот что! Очень и очень много и весьма существенное, новое и... неожиданное!

... Гравитация... На сакраментальный вопрос, — Что такое Гравитация? Ньютон, как известно, „ответил“ так: „Гипотез я не измышляю“. И удивительнее всего то, что великий Ньютон прав, он действительно не мог (принципиально — не мог, как мы убедимся) „измыслить“, то бишь сформулировать, что такое вообще Гравитация? И не его (Ньютона) вина, а его „беда“, в том, что он абсолютизировал „свое идеальное“ пространство и время, и из этого порочного „заколдованного круга“ ну никак невозможно, никакими ухищрениями вывести хотя бы частное определение Гравитации... А теперь представьте себе парадоксальную (историческую) картину: гениальный Ньютон держит в своих руках „Гениальную Формулу“ Гравитационного поля, смотрит на нее своими гениальными глазами, думает своими гениальными мозгами, и не видит в Ней всей ее гениальности! Вот ведь как!...»

Далее автор «поправляет» Ньютона, а заодно Эйнштейна и других, предлагает вместо известных свои формулы и свое понимание сути гравитационной теории, пересыпая изложение эмоциональными лирическими отступлениями, например: «Этого Ньютон не сделал. Но... Эйнштейн-то мог сделать? Мог! А понял бы? Нет! Почему? Потому что мы с читателем знаем теперь о Гравитации больше намного, нежели Ньютон и Эйнштейн вместе взятые. Мы даже можем пойти на такое, что и не „измыслили“ Ньютон—Эйнштейн...» И автор идет на такое. Он рисует свою картину Мира...

Завершается работа, как и положено художественному произведению, эпилогом: «Вот мы и завершили нашу Гигантскую Гравитационную Эпопею; много (очень много!) подстерегало на этом пути трудных и неожиданных препятствий, и мы вышли из всех „физических передраг“ с честью. Мы выполнили свою миссию, добровольно взятую на себя, до конца и ... неплохо. Надо ли упоминать, что много (еще очень много) осталось за бортом нашего рассказа. Оно и понятно: „нельзя же объять необъятное“. Но... но и „то-многое“, что мы сделали, что сумели донести, цельное (не расплескав „по пути“!) и ценное, уже является нашим грозным оружием, которое должно сокрушить все бастионы „прочнейшего“ Атомного ядра и „горячейшей“ Термической реакции. Вот это будет Варфоломеевская Ночь, так ночь; вот это будет Ледовое Побоище, так побоище. Мы вырвали Гравитацию из Тысячелетий Каменного века и бросили Ее в Стальной век. Пусть работает! Итак, мы готовы к штурму! Ну что ж!... Начнем?...»

В конце произведения подпись и адрес автора, а также указание на профессию: математик и физик.

### 4.3.3. О явлении «изобретательства» в фундаментальной физике

Среди знакомых физиков есть такие, кто специально собирает подобные выдержки из работ «изобретателей». Но если глубже разобраться в этом явлении, то становится не до юмора. В стране немало людей, задумывающихся о принципах и законах мироздания и пытающихся своими силами их осмыслить и даже сказать что-то новое. Они искренне увлечены этим делом и посвящают ему весь свой досуг. Они не пьют водку, не убивают время «забиванием козла» с приятелями или игрой в карты, а размышляют, читают, перелопачивают груды доступной им литературы, главным образом, научно-популярной. Судя по трудам, некоторые заглядывают и в более серьезные издания. Однако у них нет специального физико-математического образования, иногда даже его нет в объеме средней школы. И тем не менее, они пытаются что-то сделать...

Верно замечено, что каждый человек в своем развитии благодаря системе образования в очень сжатом виде повторяет историю, которую прошло до него все человечество. Глядя на труды «изобретателей» невольно отмечаешь, на каком конкретном этапе он находится или остановился. Один размышляет в терминах Ломоносова на уровне XVIII века и говорит о корпускулах, которые создают силы отталкивания или притяжения, ударяясь о тела. Другой находится на уровне XIX века, предпочитая методы и рассуждения, которыми пользовался Фарадей для объяснения явлений электричества и магнетизма. Попадают работы уровня начала XX-го века — времени зарождения теории относительности и начальных этапов создания квантовой механики. Работы уровня более поздних периодов среди трудов «изобретателей» практически не попадают. С ними сталкиваешься, рецензируя некоторые статьи, направляемые в издательства журналов или в некоторые сборники научных трудов.

Можно ли помочь «изобретателям»? (Я исключаю случаи психических расстройств, входящие в компетенцию психиатров.) Ведь перед нами живые люди, искренне ищущие истину. Для подавляющего большинства этот поиск составляет стержень, а возможно, и содержание всей их жизни. Они убеждены, что им удалось проникнуть в тайны природы и что их открытия нужны человечеству. Как правило, они считают себя непризнанными гениями и активно пытаются доказать миру свою правоту, обращаясь к специалистам и буквально заваливая корреспонденцией целые институты.

Как быть рецензентам таких трудов? Ведь каких-либо шансов на реальный успех у «изобретателей» нет. Для решения проблем современной теоретической физики, тем более таких глобальных, которые их вдохновляют, нужно знать состояние современной физики, ее проблематику, владеть теоретическими и математическими методами. Все это достигается только упорным и систематическим образованием в течение всей сознательной жизни: в школе, в университете, в аспирантуре, в процессе научной работы. Чтобы открыть что-то новое, необходимо располагать информацией о совокупности возможных моделей, понятий и приемов, которые применяются для описания физической реальности. Разве че-

ловец без специального физико-математического образования может достичь необходимого уровня сам?

Даже профессиональный физик-теоретик постоянно ощущает пробелы в знании нужных ему математических моделей и методов. Математики многое заготовили впрок, но не так просто физику извлечь из их трудов то, что стало бы ответом на интересующий его вопрос. Известно, что Эйнштейн долго мучился над волнованными его проблемами построения теории гравитации, но общая теория относительности начала реально получаться только после того, как его друг, математик Гроссман помог ему разобраться с работами геометров по римановой геометрии и с тензорным исчислением. Каким же образом «изобретатель» со знаниями в объеме средней школы может продвинуть понимание теории относительности?

Другой пример: в 20–30-х годах при построении квантовой механики физикам потребовались знания новых разделов математики. Известно, с каким трудом это давалось. Даже преподаваемую сейчас на первых курсах вузов теорию матриц физикам пришлось переоткрывать заново. Без новой математики не обходится ни один существенный шаг в физике. Даже Ньютону вместе с формулировкой законов механики пришлось начать построение теории дифференциального исчисления.

Честная рецензия на работы «изобретателей» может содержать лишь рекомендации ознакомиться с той или иной литературой, изучить конкретный раздел теоретической физики. Однако, как правило, «изобретатели» где-то работают или находятся на службе и обременены семьей. Реально ли им самостоятельно освоить указанные рецензентом разделы современной физики?

В этом контексте перед нами встает принципиально важный вопрос о соотношении рационального и духовного в жизни человека. Известно, что в античности предпочтение отдавалось рациональной составляющей, основанной на знании. Полагалось, что человек действует на основе знаний и идет туда, куда ему подсказывает разум. Известно также, что с утверждением в Западной Европе христианства доминанта сместилась в сторону духовности и вера ценилась превыше знаний и рационального мышления.

Освоение самых современных математических и физических методов еще не гарантирует появление настоящего ученого. Блестящие студенты, аспиранты и даже остепененные специалисты далеко не всегда становятся настоящими учеными, главным образом, потому, что в них отсутствовало или они растеряли то, что есть с избытком у многих «изобретателей»: фанатичная увлеченность и одержимость своей идеей. Многие дипломированные теоретики напоминают машины, напичканные современной техникой, но лишённые мотора. Здесь перед вузами и всем научным сообществом встает принципиально важная задача — так обучать молодое поколение, чтобы оно не только владело знаниями, но и горело желанием решать фундаментальные проблемы мироздания.

## Глава 5

# По пути фундаментальных проблем

*Пройди сквозь мрак, соблазны все минуя,  
Единую бессмертную взыскуя,  
Рабом склоняйся пред своей мечтой,  
И, вдруг сожжен незримым поцелуем,  
Нежданной радостью, без слов, волнуем,  
Увидишь ты дорогу пред собой<sup>1</sup>.*

В. Брюсов

Рассказывая о 60-х – начале 70-х годов, когда я работал в группе профессора Д. Д. Иваненко, нельзя не сказать о собственных иллюзиях и заблуждениях, которые нередко подстерегают исследователя, решившегося заняться решением фундаментальной проблемы *физического обоснования геометрии классического пространства-времени*.

### 5.1. Сверхзадача

В 1962 году я попытался сформулировать глобальную цель своей исследовательской работы и сделал это в статье «О природе пространства-времени», посланной, но так и не напечатанной в журнале «Вопросы философии». Главная идея этой статьи состояла в том, что классические пространственно-временные отношения теряют силу в микромире. В частности, там выдвигалось следующее положение: «соотношения между отдельными микроэлементами описываются непространственно-временными понятиями, которые, однако, должны быть достаточно просто связаны с основными известными в настоящее время характеристиками элементарных частиц (изотопический спин, странность, спин, заряд и т. д.). Большая часть аксиом классического пространства-времени к этим понятиям не применима».

Я уже тогда считал (и продолжаю так считать), что свидетельством этому являются закономерности квантовой теории. «Квантовая механика занимает промежуточное положение и дает нам ясный пример постепенного отключения классических пространственно-временных отношений

---

<sup>1</sup> Брюсов В. Путь к высотам // Валерий Брюсов. Стихотворения. М.: Советская Россия, 1990. С. 248.

при переходе к области, где становятся существенными соотношения неопределенностей Гейзенберга». Их следует переинтерпретировать на геометрическом языке.

Подкрепление данной позиции я нашел в статьях ряда известных авторов. Так, Луи де Бройль утверждал: «Понятия пространства и времени взяты из нашего повседневного опыта и справедливы лишь для явлений большого масштаба. Нужно было бы заменить их другими понятиями, играющими фундаментальную роль в микропроцессах, которые бы асимптотически переходили при переходе к наблюдаемым явлениям обычного масштаба в привычные понятия пространства и времени»<sup>2</sup>. Аналогичную точку зрения высказывал В. Паули, считавший, что создание подлинно квантоворелятивистской теории «приведет к существенному изменению понятия пространства-времени (а не только понятия поля) в областях размером  $\hbar/mc$  и соответственно  $\hbar/mc^2$ »<sup>3</sup>. Из отечественных ученых аналогичную позицию занимал М. П. Бронштейн: «построение такой геометрии пространства и времени, из которой вытекали бы не только законы тяготения и электромагнитного поля, но и квантовые законы, — вот величайшая задача, которая когда-либо стояла перед физикой»<sup>4</sup>.

Однако физика пошла по другому пути. Квантовую теорию поля удалось построить на фоне априорно заданного классического пространства-времени. По этому поводу Л. де Бройль еще в 30-х годах написал: «Однако пока мы не добились успеха в распространении наших представлений в указанном направлении, мы должны с большими или меньшими трудностями втиснуть микроскопические явления в рамки понятий пространства и времени, хотя нас все время будет беспокоить чувство, что мы пытаемся втиснуть алмаз в оправу, которая ему не подходит»<sup>5</sup>. Думаю, это чувство продолжает нас беспокоить и по сей день, свидетельством чему являются незатихающие дискуссии об интерпретации квантовой механики.

Естественно возникал вопрос: Как добиться решения поставленной задачи построения новых отношений между частицами в микромире, причем таких, из которых можно было бы вывести классические пространственно-временные отношения? Этот вопрос обсуждался рядом авторов. Предлагалось искать теорию, в которой *классические пространственно-временные отношения возникали бы как некий статистический итог из наложения большого количества каких-то физических микропонятий*. Об этом писал ряд известных физиков-теоретиков и математиков. Например, у Д. ван Данцига я нашел следующее высказывание: «Можно быть склонным рассматривать метрику как описывающую некое „нормальное“ состояние материи (включая излучение), и дать ей статистическую интерпретацию

<sup>2</sup> Бройль Л. де. Революция в физике. М.: Госатомиздат, 1963. С. 187.

<sup>3</sup> Цит. по кн.: Горелик Г. Е., Френкель В. Я. Матвей Петрович Бронштейн. М.: Наука, 1990. С. 63.

<sup>4</sup> Бронштейн М. П. Всемирное тяготение и электричество (Новая теория Эйнштейна) // Человек и природа. 1929. № 8. С. 21.

<sup>5</sup> Бройль Л. де. Революция в физике. С. 187.

как некоторый вид среднего физических характеристик окружающих событий, вместо того, чтобы класть ее в основу всей физики»<sup>6</sup>.

Аналогичную точку зрения развивал Е. Циммерман в своей работе «Макроскопическая природа пространства-времени»: «Пространство и время не являются такими понятиями, которые имеют смысл для отдельных микросистем... Наиболее фундаментальным следствием взаимодействия огромного числа таких микросистем является образование пространственно-временной решетки, которая приводит к справедливости классических понятий пространства и времени, но только в макроскопической области»<sup>7</sup>.

А в известной всем физикам-релятивистам книге П. К. Рашевского «Риманова геометрия и тензорный анализ» выражена, по сути говоря, та же мысль: «Между тем трудно сомневаться в том, что макроскопические понятия, в том числе и наши пространственно-временные соотношения, на самом деле уходят своими корнями в микромир. Когда-нибудь они должны быть раскрыты как некоторый статистический итог, вытекающий из закономерностей этого мира — далеко еще не разгаданных — при суммарном наблюдении огромного числа микроявлений»<sup>8</sup>.

В итоге, чем бы мне ни приходилось заниматься, я всегда имел в виду цель — физическое обоснование свойств классического пространства-времени, исходя из физики микромира — и мечтал о построении макроскопической теории классического пространства-времени. В те годы эти задачи мне представлялись лежащими на стыке теории классического пространства-времени, описываемого общей теорией относительности, и квантовой теории. Лишь значительно позже стало очевидным, что решение этих проблем не укладывается в рамки ни геометрической, ни реляционно-полевой парадигмы<sup>9</sup>.

## 5.2. Проблема квантования гравитации

К решению поставленной сверхзадачи я приступил с изучения проблемы квантования гравитации, понимаемой мною как совмещение принципов квантовой теории и общей теории относительности. Эта проблематика в 60-е и во все последующие годы считалась чрезвычайно важной. Ею занимались крупнейшие теоретики мира: П. Дирак, Дж. Уилер, Р. Фейнман и многие другие.

<sup>6</sup> Dantzig D. van. On the relation between geometry and physics and concept of spacetime // *Funfzig Jahre Relativitätstheorie. Konferenz Bern, Basel. 1955. Bd. 1. S. 569.*

<sup>7</sup> Zimmerman E. J. The macroscopic nature of space-time // *Amer. J. Phys.* 1962. Vol. 30. P. 97–105.

<sup>8</sup> Рашевский П. К. Риманова геометрия и тензорный анализ. М.: Наука, 1967. С. 258; 7-е изд. М.: Издательство ЛКИ/URSS, 2008.

<sup>9</sup> Реализация данной программы возможна, как мне представляется, на основе реляционного подхода (парадигмы) к физической реальности.

### 5.2.1. Гравитационные трансмутации

А практически все началось с того, что в 1961 году меня заинтересовала старая задача, которой Д. Д. Иваненко занимался с А. А. Соколовым в середине 40-х годов. Речь шла о подсчете эффекта (дифференциального эффективного сечения процесса) превращения пары частица-античастица в два гравитона (или обратного эффекта). В рамках упрощенной, так называемой линеаризованной теории гравитации, когда она уподобляется теории электромагнитного поля, вводились кванты гравитационного поля — гравитоны. Далее по аналогии с электродинамикой формально можно говорить о превращениях частиц в гравитоны и обратно. Иваненко с Соколовым подсчитали этот эффект грубо, игнорируя спинорные свойства частиц, мне же предстояло вычислить этот же эффект для пары электрон-позитрон с учетом их спиновых свойств.

Эта задача увлекла меня. Она имела философское звучание, — как это тогда трактовал Иваненко, речь шла о «превращении материи (частиц) в геометрию (гравитоны — кванты кривизны пространства-времени) и обратно». Ничтожно малая величина этого эффекта меня не смущала, — ведь речь шла о высоких принципах. А самое главное состояло в том, что, как я тогда полагал, данная задача находилась в русле решения поставленной сверхзадачи.



Ю. С. Владимиров выступает по гравитационным трансмутациям на 4-й международной конференции в Лондоне (1965 г.)



Профессор М. Ф. Широков и Г. А. Соколик на летней школе в Тарту (1963 г.).  
(Фото автора)

Я погрузился в вычисления, которые оказались очень громоздкими. По их завершению я поставил другую задачу и подсчитал эффект смешанной аннигиляции — превращение пары электрон-позитрон в фотон и гравитон, а потом пошел дальше. Еще в дипломной работе я рассматривал не только гравитационное, но и другое, — геометрическое, — поле: кручение. Я применил методы квантовой электродинамики к полю кручения, ввел кванты этого поля (торсионы) и подсчитал гипотетический эффект превращения пары электрон-позитрон в два торсиона, т. е. в кванты закрученности пространства-времени. Все эти результаты я опубликовал в виде нескольких статей. Так накопился материал, достаточный для кандидатской диссертации «О квантовании геометрических полей».

138

Однако при подготовке к защите произошла неожиданная заминка. Я продолжал общаться с профессором М. Ф. Широковым, по лекциям которого я в свое время осваивал теорию гравитации. Во время одного из разговоров я ему сказал, что подготовил к защите кандидатскую диссертацию по гравитации. Это его обрадовало, и даже не спрашивая, о чем она, он сам предложил себя основным оппонентом. На ученом совете Михаил Федорович был утвержден в качестве оппонента, и я принес ему автореферат и текст диссертации. Но когда он ее прочитал, то наотрез отказался оппонировать, заявив, что не верит в существование гравитонов. По его мнению, вводить кванты кривизны пространства-времени бессмысленно. Гравитация имеет дело с формой существования материи, а никак не с самой материей.

Как же так? Все вокруг не подвергают сомнению ни эту идею, ни саму возможность таких процессов. Обсуждаются лишь величина эффекта и вопросы обобщения на случай произвольного гравитационного поля. И, вдруг, совсем иное мнение! При этом было очевидно, что отказ не был связан ни с проблемами в личных отношениях: они были прекрасными, ни с найденными в работе ошибками: в дебри выкладок он не погружался. Дело было в научной идеологии, а точнее, — в метафизическом подходе к данному вопросу.

Особых проблем с моей защитой не возникло. Тут же любезно согласился прооппонировать мою диссертацию профессор Кирилл Петрович Станюкович, безгранично веривший в существование гравитонов. Они

лежали в основе его физической картины мира. Он даже допускал мысль, что вся Вселенная родилась в результате столкновения двух сверхэнергичных гравитонов. На следующем ученом совете под неким благовидным предлогом пришлось изменить главного оппонента. Михаил Федорович мне сказал, что он ни в коем случае не будет препятствовать моей защите, но он не может поступиться принципами, которых придерживается в понимании сущности гравитации. Защита прошла успешно осенью 1963 года в Московском областном педагогическом институте. (По существовавшим тогда правилам диссертанту нельзя было защищаться в том учреждении, в котором он работает.) Другой мой оппонент, Николай Всеволодович Мицкевич, верил в существование гравитонов и сам подсчитывал некоторые эффекты с их участием. Официальным руководителем стал Владимир Иванович Родичев<sup>10</sup>, также воспитанный в русле идей Д. Д. Иваненко. Вскоре меня утвердили в звании кандидата физико-математических наук.

### 5.2.2. Зачем квантовать гравитацию?

История с защитой, точнее, позиция М. Ф. Широкова, заставила меня более трезво взглянуть на суть задачи квантования гравитации. Но еще важнее было уяснить: а нужно ли вообще заниматься ее решением? В то время высказывалось несколько доводов в пользу занятия этой проблемой<sup>11</sup>. (Кстати, спустя 40–50 лет почти ничего принципиально нового не добавилось к этим доводам.)

1. Первый довод состоял в том, что допущение исключительно классического характера гравитации неизбежно приведет к противоречию, поскольку тогда с помощью гравитации принципиально возможно обнаружить положение и найти скорость микрочастиц точнее, чем это разрешается квантовомеханическим принципом неопределенностей. Об этом же как будто бы свидетельствовал тот факт, что никем не был найден непротиворечивый способ совмещения классической левой части уравнений Эйнштейна с квантованной материей в правой части.

2. Поскольку подавляющее большинство физиков считало гравитационное поле самостоятельным видом материи, то всеобщность принципов квантовой теории поля диктовала необходимость введения собственных материальных степеней свободы этого поля, т. е. признания существования гравитонов. Кроме того, в те годы уже шел экспериментальный поиск гравитационных волн. Практически все верили в их существование, а гравитоны представлялись в виде проявления квантового аспекта гравитационного излучения.

3. Параллельное существование квантовой теории и ОТО ставит ряд вопросов о сути основных понятий геометрии и классической физики.

<sup>10</sup> Так было удобней при организации защиты, поскольку он в то время работал в МОПИ, где намечалась защита.

<sup>11</sup> Уже позже я об этом писал в статье «Квантовая теория гравитации», опубликованной в «Эйнштейновском сборнике—1972».

В частности, это приводит к существованию новых коллективных соотношений неопределенностей и предела применимости геометрии в микромире на уровне планковской длины. Было очевидным, что рано или поздно придется решать ряд принципиальных проблем описания материи при приближении к планковской длине.

4. Многими физиками высказывались надежды на то, что с помощью квантовой теории гравитации удастся решить ряд проблем квантовой теории поля и физики элементарных частиц, таких, как устранение расходимостей в квантовой электродинамике и мезодинамике, обоснование известных видов элементарных частиц, обнаружение спектра как известных, так и еще не найденных частиц и т. д.

5. Однако необходимость квантования гравитации связывалась не только с проблемами физики микромира, но и с проблемами космологии. Таковые возникали из-за наличия сингулярностей в общих космологических решениях уравнений Эйнштейна либо только с одной (в начале мира), либо с обеих сторон (в начале и в конце). Это означало, что метрика пространственно-временного многообразия регулярна лишь в течение промежутка времени, ограниченного с одной или обеих сторон. В окрестности сингулярностей классическая ОТО теряет силу — необходимо учитывать закономерности квантовой теории и физики элементарных частиц.

140 Так, например, Дж. Уилер во время одного из приездов в МГУ заявил, что ситуация в ОТО конца 60-х — начала 70-х годов напоминает положение в классической электродинамике 1910 года, когда было установлено, что атом состоит из ядра и вращающихся электронов, но с точки зрения классической электродинамики неизбежно падение электронов на ядро — коллапс. Выход из противоречия состоял в квантовании атома. Сейчас кажется, что решение проблемы коллапса Вселенной — квантование ОТО. Более того, если квантовая механика строилась в обычном плоском пространстве, то квантовать Вселенную предлагается в суперпространстве (Уилера—ДеВитта).

6. Наконец, высказывался ряд смутных надежд. Например, Питер Бергман, в 30-х годах бывший сотрудником Эйнштейна, считал, что «любой опыт, который мы получаем в попытках объединить принципы общей ковариантности и универсальной дополнительности, может научить нас чему-то важному о границах обеих теорий».

Легко убедиться, что практически все перечисленные доводы имеют метафизический характер: это либо постулирование всеобщего характера уравнений Эйнштейна, либо предположение о далеко идущей аналогии гравитации и электромагнетизма, либо гипотеза о материальности гравитационного поля. Все эти доводы в какой-то степени лежали в русле сформулированной сверхзадачи, однако, как мне представлялось, именно последний довод Бергмана был наиболее весомым.

### 5.2.3. Математические трудности и варианты решений проблемы

Допустим, мы встали на точку зрения большинства и попытаемся квантовать гравитацию по образу и подобию квантования электромагнитного поля. Тогда на нашем пути встанет ряд математических трудностей, возникающих из особенностей ОТО. Наиболее существенными являются две следующие.

1. *Ковариантность теории.* Дело в том, что геометрические характеристики, которыми описывается гравитация, зависят от выбора координатной системы. Соответствующим подбором последней мы можем некоторые величины (например, символы Кристоффеля) в отдельной точке или линии обратить в нуль, а некоторые (например, компоненты метрического тензора) привести к широкому классу наперед заданных значений. Это может соответствовать тому, что при подобном описании гравитонов, формальной процедурой перехода к новой координатной системе можно в рассматриваемых точках «уничтожить» или «рождать» гравитоны.

Есть ли выход из такого положения? Может быть, следует сопоставлять гравитонам более сложные характеристики (например, компоненты тензора кривизны)? Или, может быть, отказаться от определения гравитона в одной точке? Тогда это будет нелокальная теория, принципиально отличающаяся от теории электромагнетизма. А может быть, следует отказаться от равноправности всех координатных систем? Большинство исследователей пошли по последнему пути, однако это, строго говоря, означало нарушение принципов ОТО.

2. *Нелинейность теории.* В квантовой теории поля обычно полагают, что уравнения свободных полей линейны и, следовательно, общее решение является суммой частных решений, каждое из которых можно сопоставить отдельному кванту поля — частице. В случае нелинейных уравнений, как известно, общее решение не является суммой частных. Это создает непреодолимые трудности даже в выделении поперечно-поперечных компонент гравитационного поля, подлежащих, как ожидают, квантованию. Отказаться от нелинейности гравитации невозможно, — это бы противоречило сущности самой теории гравитации.

Назывались и другие трудности, но они, по большому счету, являлись следствием двух названных.

Каковы пути преодоления названных трудностей?

Если иметь в виду введение гравитонов, то подавляющее большинство ограничивалось случаем линеаризованной теории гравитации. На ее основе по образу и подобию электромагнетизма вводились гравитоны, а нелинейные слагаемые интерпретировались как члены, описывающие взаимодействия гравитонов друг с другом. Все бы ничего, но такая теория является неперенормируемой, т. е. в ней возникает бесконечное число бесконечностей и не видно, как от них избавиться.

В 60–70-е годы была выполнена большая серия работ по выделению из 10 компонент метрического тензора двух поперечно-поперечных ком-

понент, которые должны подлежать квантованию. Искался приемлемый способ исключения 8 лишних компонент. В серии работ Арновитта, Дезера, Мизнера, Дирака и других авторов был указан способ устранения четырех компонент. Попытки исключить оставшиеся 4 переменные натолкнулись на значительные математические трудности, обусловленные нелинейностью общей теории относительности. Поэтому упомянутые работы можно рассматривать лишь как шаг к подготовке теории для квантования.

Отметим, что работы этого сорта делились на две группы. В одной (наиболее значительной) это делалось на классическом уровне, а в другой — исследовался вопрос, можно ли это сделать на квантовом уровне.

Что касается квантовых космологических моделей, то здесь удалось продвинуться лишь в рамках упрощенных моделей с симметриями, какими являются однородные изотропные космологические модели Фридмана (модель Уилера—ДеВитта) или простые анизотропные решения казнеровского типа (модель Мизнера).

#### 5.2.4. Состояние проблемы квантования гравитации

В связи с перечисленными нерешенными трудностями позиции физиков-гравитационистов относительно понимания проблемы, оценки ее состояния и перспектив решения разделились.

Некоторые считали, что одна из синтезируемых теорий должна быть частью другой, завершенной. Так, А. Эйнштейн одно время полагал, что общая теория относительности является подходящей основой для создания теории, охватывающей и квантовую теорию.

Значительно большее число исследователей были, напротив, убеждены в том, что подходящую основу составляет квантовая теория поля. В этом случае обе теории ставятся на одну основу, каковой, как правило, выступает плоское пространство-время, где хорошо работают методы квантовой электродинамики.

Другая часть (в то время большинство) исходила из того, что обе теории уже достаточно развиты и содержат все необходимое для синтеза, а трудности объясняются несовершенством их формулировок. Полагали, что для решения проблемы их нужно как-то переформулировать, возможно, убрать из них некий материал, затрудняющий это объединение.

В результате многочисленных попыток появилось значительное количество эквивалентных в классической области формулировок ОТО, которые можно классифицировать по двум признакам. Во-первых, по типу величин, выбираемых в качестве первичных гравитационных характеристик. Это мировая скалярная двухточечная функция, 10 компонент метрического тензора (традиционный случай), одновременно 10 компонент метрического тензора и 40 компонент символов Кристоффеля (метод Палатини), 16 компонент тетрады, четыре квадратные 4-рядные гамма-матрицы, 20 компонент тензора кривизны Римана—Кристоффеля, компоненты спиноров и т. д.

Во-вторых, формулировки ОТО могут различаться по типу используемого формализма. Это может быть чисто геометрический подход, симметричный лагранжев формализм, несимметричный дираковский формализм, компенсирующая трактовка гравитации и т. д. Перемножая только названные возможности, уже приходим к трем десяткам различных формулировок ОТО. Но и это далеко не все. Еще имеются разновидности внутри каждого из названных вариантов.

Аналогичную картину имеем и в квантовой теории. Без труда можно назвать около десятка различных способов квантования: каноническое квантование с помощью скобок Пуассона для основных динамических переменных, каноническое квантование с помощью уравнения Гейзенберга, симметричное ковариантное квантование, ковариантное квантование Пайерлса, квантование с помощью фейнмановского суммирования по историям, техника векторов-историй, швингеровская теория источников. Вряд ли здесь перечислены все возможности.

Полный обзор исследований этого направления должен был бы содержать анализ сопоставления всех этих возможностей в двух наборах формулировок сопоставляемых теорий. Признаюсь, предпринятые мной попытки проанализировать многие варианты к утешительным результатам так и не принесли.

Наконец, некоторые считали, что для решения поставленной задачи нам не хватает каких-то существенно новых понятий и принципов. Пока они не будут найдены, следует повременить с решением поставленной задачи. А где и как искать недостающий материал? Одни предлагали подождать результаты экспериментов по обнаружению и изучению гравитационных волн. Другие надеялись на завершение работ по построению аксиоматики квантовой теории поля, полагали, что это может подсказать подход к решению проблемы квантования гравитации.

После длительных размышлений я пришел к выводу, что, действительно, нам не хватает чего-то очень важного в понимании сущности объединяемых теорий, что необходимо более глубоко разобраться в сущности классического пространства-времени. А этот ход мысли уже самым непосредственным образом соответствовал поставленной сверхзадаче.

### 5.3. Аксиоматика геометрии

После временного увлечения гравитационными трансмутациями пришлось вернуться к попыткам реализовать свои «стратегические» замыслы. Прямые наскоки к успеху не приводили. Я чувствовал себя как перед глухой монолитной стеной и мечтал найти в ней какую-нибудь трещину, за которую можно было бы зацепиться. И вот в качестве вспомогательной промежуточной задачи я взялся за разработку аксиоматики общей теории относительности. Нужно было уточнить, что же мы понимаем в физике под классическим пространством-временем. Точнее, вопрос состоял в выяснении комплекса понятий, составляющих математическую модель

классического пространства-времени, используемого в физике. А в наиболее четком и концентрированном виде в математике ответы на подобные вопросы формулируются аксиоматическим образом.

### 5.3.1. Надежды на аксиоматику

Кого только из математиков и физиков-теоретиков не покоряла красота аксиоматического построения геометрии с четким указанием основных понятий («примитивов») и аксиом! Самые элементарные понятия-примитивы не определяются иначе, чем через аксиомы, которые устанавливают взаимосвязь и соотношения между ними. Все остальное здание геометрии строится на этих аксиомах в виде цепочки лемм и теорем, выводимых по определенным строгим «правилам игры». Для всякой теории важно сформулировать минимальное число основных положений, из которых следует все остальное.

С аксиоматикой геометрии мне пришлось сталкиваться не раз. Сначала знакомился с аксиоматиками евклидовой 3-мерной геометрии Костина, Д. Гильберта и некоторых других авторов. Затем размышлял над пятым постулатом Евклида и работами Н. И. Лобачевского, Я. Бояи, К. Гаусса, которые отказались от него и таким образом открыли первую неевклидову геометрию. Невольно напрашивалась мысль повторить их ход: отказаться от каких-то других аксиом и тем самым сделать еще один шаг в развитии представлений о физическом пространстве-времени. Казалось, что таким образом можно будет подойти к решению поставленной сверхзадачи.

В то время аксиоматически уже формулировалась не только геометрия, но и другие разделы физики, была построена аксиоматика термодинамики, вышли работы А. Д. Александрова по аксиоматике специальной теории относительности. И тут мне как раз стали попадаться исследования по аксиоматике общей теории относительности Р. А. Моулда и других авторов. Более того, в 60-х годах во всем мире начался бум по аксиоматизации квантовой теории поля с целью преодоления ряда ее трудностей, например, для устранения расходимостей, т. е. бесконечно больших выражений в теории. В этих условиях ход моих рассуждений подкреплялся не только логикой развития собственных представлений о физической картине мира и о месте в ней геометрии, но и набиравшей силу волной общественного научного мнения. Мне казалось, что я попал в резонанс с мировой исследовательской мыслью, хотя она сосредоточилась на аксиоматизации квантовой теории, а я увлекся аксиоматикой общей теории относительности. Кроме того, я шел не от теории поля, а от геометрии, рассматривая квантовую теорию как свидетельство крушения в микромире свойств классического пространства-времени.

Довольно быстро стало ясно, что можно построить бесконечное число аксиоматик. Почти всегда можно перейти от одной аксиоматики к другой, выбирая некоторые теоремы первой в качестве аксиом второй, тогда какие-то аксиомы одной аксиоматики становятся теоремами во второй и наоборот. Следовательно, при построения аксиоматики нужно избежать

неоднозначность, а это можно сделать, имея перед собой цель и четкое представление о том, зачем аксиоматика строится. Построение аксиоматики ради аксиоматики меня не интересовало. На первых порах была надежда найти переход к квантовой теории путем обобщения аксиом порядка. И я приступил к построению аксиоматики общей теории относительности с доминирующей ролью аксиом частичной упорядоченности, взяв за основу аксиоматики Моулда и Александрова.

Составив список из двадцати с лишним аксиом, разделенных на несколько групп (аксиомы частичной упорядоченности, метрические аксиомы, топологические аксиомы, в частности, аксиома размерности, аксиомы допустимых координатных систем и некоторые др.), я погряз в разработке цепочки теорем, следующих из этих аксиом. В перспективе нужно было развернуть все содержание общей теории относительности. Но это оказалось чрезвычайно громоздкой и трудоемкой задачей. Представляете себе, что значит сформулировать и доказать большой комплекс теорем, составляющий здание ОТО? А зачём? Кому это нужно? На лекциях для студентов я скоро убедился, что сухое аксиоматическое изложение общей теории относительности только отталкивает студентов. Коллеги больше предпочитают решать и анализировать уже известные уравнения Эйнштейна, а не копать в тонкостях аксиоматических построений. Да и нужно ли это мне самому для решения своей основной задачи? В итоге я оставил это занятие, но мне уже был ясен круг имеющихся аксиом и пути построения на их основе классического геометрического здания. Полученные результаты я доложил на 2-й Советской гравитационной конференции в Тбилиси в 1965 году, затем в том же году на 4-й Международной гравитационной конференции в Лондоне. Как знак одобрения, вспоминаю то внимание, с которым академик В. А. Фок слушал мое выступление в Тбилиси, сидя в первом ряду и направив свой слуховой аппарат в мою сторону<sup>12</sup>.

145

### 5.3.2. Коллеги по занятиям аксиоматикой

Для любой творческой деятельности очень важно иметь рядом единомышленников, чувствовать с их стороны внимание и поддержку. Хорошо, когда есть с кем обсуждать проблемы. Не могу сказать, что я встречал широкое понимание, но несколько человек, размышлявших над близкими проблемами, все же у меня было. Прежде всего, я должен назвать Революта Ивановича Пименова из Ленинграда. Помню, после моего выступления на 2-й Советской гравитационной конференции, где я излагал свою аксиоматику ОТО, в перерыве ко мне подошел энергичный, обстоятельный в суждениях человек, немного старше меня и стал задавать довольно глубокие вопросы. Затем рассказал о своих работах по построению так называемых кинематик — своеобразных геометрических конструкций на основе аксиом частичной упорядоченности. Причем, он начинал с довольно узкого

<sup>12</sup> Позже эти свои результаты я включил в ротاپринтное издание курса «наших с Д. Д. Иваненко» лекций: *Иваненко Д. Д., Владимиров Ю. С.* Введение в теорию пространства и времени. М.: Изд-во физфака МГУ, 1971.



Доктор физ.-мат. наук  
Р. И. Пименов. (Фото автора)

класса аксиом, далеко не сразу вводя топологические свойства (непрерывности). Таким образом, некоторая часть его теории могла быть применена для описания дискретных теорий.

Кажется, мы понравились друг другу, стали время от времени переписываться, и он даже прислал мне свою ротопринтным образом изданную книгу «Пространства кинематического типа (математическая теория пространства-времени)».

Револьт Иванович Пименов был яркой оригинальной личностью с широким кругом интересов и с критическим восприятием не только общепринятой геометрии (общей теории относительности), но и всей окружающей действительности.

Характерный эпизод мне рассказывала Ольга Семеновна Иваницкая. В 1969 году, когда вышла ее первая книга<sup>13</sup>, Пименов, будучи у них в Минске, сказал ей:

— Мы у нас на семинаре будем обсуждать Вашу книгу.

— Это интересно, — сказала Ольга Семеновна: Но, наверное, лучше будет, если Вы меня пригласите на обсуждение. Я сама расскажу о книге и послушаю Ваше мнение.

Револьт Иванович пригласил ее на свой семинар в Ленинградском филиале математического института АН СССР имени Стеклова, который располагался в старом особняке на Фонтанке. Ольгу Семеновну провели в зал заседаний. Она увидела посередине зала огромный круглый стол. На столе были разложены шахматы, — игра была в самом разгаре. Уже наступило время начинать семинар, но Пименов решительно сказал:

— Нельзя прерывать партию. Как доиграем, так и начнем.

— А сколько нужно на доигрывание? — робко спросила Ольга Семеновна.

— Минут сорок, — ответил Револьт Иванович.

Ольга Семеновна погрузилась, но ничего не поделаешь, стала ждать. К счастью, она там увидела своего бывшего студента еще по Средней Азии. За разговором прошло минут пятьдесят, а то и час. Игра завершилась. Револьт Иванович открыл семинар и предоставил слово Ольге Семеновне.

— Сколько времени я могу говорить? — спросила она.

— Часа четыре, пять, — до полного изнеможения, — ответил Пименов.

Ольга Семеновна говорила часа три. Потом было много вопросов, замечаний. В целом, по ее мнению, доклад прошел неплохо. Уже после окончания семинара Револьт Иванович подошел к ней и сказал:

<sup>13</sup> *Иваницкая О. С.* Обобщенные преобразования Лоренца и их применение. Минск: Наука и техника, 1969.

— Мне Ваша книга не нравится. Книги нужно писать не так. Следует четко сформулировать аксиомы, постулаты, затем теоремы, леммы, их строгие доказательства. А у Вас в книге что? Нет строгости!

Четкость и строгость Пименов хотел видеть во всем: и в математике, и в физике, и в понимании нашей истории, и в объяснении окружающей действительности. Последнее принесло ему много бед. Но об этом будет сказано в другом месте...

Другим человеком, размышлявшим над близкими мне вопросами в области аксиоматики, был профессор Анатолий Евгеньевич Левашев из Минска. Он, как и я, пытался, конечно же, под свои идеи, переформулировать геометрию на основе изменения некоторых ее аксиом, в частности, аксиомы Дезарга. Занятие аксиоматикой нас объединяло. Мы неоднократно обстоятельно беседовали с ним по проблемам оснований геометрии. Разговоры происходили и в Минске, куда я часто приезжал, и в Москве. Он неоднократно бывал у меня дома и на даче в Переделкино. Я пытался развернуть перед ним складывающуюся у меня систему взглядов на пространство и время и свои надежды на их дальнейшее развитие, говорил о своем понимании роли дискретности и т. д. Он внимательно слушал, задавал толковые вопросы, пытался комментировать и связать услышанное с известными ему работами:

— Это у Вас что-то из комбинаторики, а это из топологии.

Иногда он советовал посмотреть его старые работы конца 30-х годов. Как-то после одной такой беседы он мне сказал:

— Юрий Сергеевич, для развития Ваших взглядов Вам полезно иметь дежурного болванчика. Располагайте, пожалуйста, мною для этой цели.

И действительно, Левашев был одним из немногих людей, с которыми мне хотелось поделиться своими мыслями. К сожалению, таких людей было мало.

Из своих постоянных собеседников могу еще назвать Н. В. Мицкевича и В. И. Родичева. Вот, пожалуй, и все. Д. Д. Иваненко не желал, как он выразился, «сушить мозги» размышлениями над подобными вопросами, однако мне не препятствовал, а, скорее, даже одобрительно относился к этому, наблюдая со стороны, к чему это приведет. Более того, он мне предложил рассказать о своих соображениях по аксиоматике на его семинаре. Это заняло два семинара.

А у полевиков бушевали страсти вокруг аксиоматики квантовой теории поля. Все журналы по теоретической физике пестрели работами по аксиоматике. Выделилось несколько направлений: Лемана—Симанзика, Циммермана, Тодорова и Боголюбова и др. Физики-квантовики с головой погрузились в изучение тонкостей большой математики: обобщенных функций, теории операторов в гильбертовом пространстве, функционального анализа и т. д. Они исходили из убежденности в том, что все беды современной теоретической физики происходят от недостаточного владения математическим аппаратом, что нужно как следует сформулировать аксиомы квантовой теории, развернуть на их основе должный комплект



Профессор А. Е. Левашев. (Фото автора)

теорем и станет ясно, как избавиться от расходимостей, и тем самым решить многие проблемы квантовой теории поля. В итоге получилось, что самые математически подготовленные физики-теоретики дружными рядами ушли в математику и оказались навсегда потерянными для физики. В это время в ожидании скорого построения окончательной аксиоматики многие понятия и методы физики были поставлены под сомнения. Дело дошло до того, что в середине 60-х годов считалось неприличным писать лагранжианы физических систем. Нужно было пользоваться двойными дисперсионными соотношениями Мандельштама, теорией полюсов Редже,  $S$ -матричным или аксиоматическими методами.

В какое-то время я тоже пытался заняться аксиоматикой квантовой теории поля, пробовал разобраться в полученных в этой области результатах. Приходилось погружаться в такие дебри лемм и теорем, что терялась всякая физическая интуиция. При этом нужно было еще иметь в виду аксиоматику классического пространства-времени. Ведь нужна была не просто аксиоматика квантовой теории, а такая, чтобы ее можно было сопрячь с аксиоматикой общей теории относительности. Как ни старался я рисовать схемы аксиоматик двух теорий, пытаюсь их как-то видоизменить, чтобы проявилась искомая связь, ничего путного из этих занятий не получалось...

Спустя много лет, оглядываясь назад, нужно признать, что увлечение аксиоматикой (в мировом масштабе) не принесло тех плодов, которых от нее ожидали. И это несмотря на огромные интеллектуальные усилия ученых всех стран. Конечно, кое-какие тонкости существующей квантовой теории поля были уточнены, но они не оправдывали затраченных средств. Закончившийся бум может служить хорошей иллюстрацией того, что преодоление основных трудностей в теоретической физике следует искать не в математических тонкостях, а в привлечении новых физических идей. Видимо, по той же причине была пробуксовка и у меня, и у Левашева, и у других коллег.

Где-то в конце 60-х годов, на меня, уже разочарованного в занятиях аксиоматикой, произвела большое впечатление фраза, брошенная Абрамом Леонидовичем Зельмановым. Этот тщедушный, сухонький, осторожный старичок умел удивительно четко раскрыть суть вопроса. Его замечания и раньше не раз открывали мне глаза на решение мучавших меня задач. Так вот, Зельманов, обращаясь даже не ко мне, а в разговоре, кажется, с Д. Д. Иваненко, заметил: «Аксиоматика не шевелюра, а лишь только прическа!»

Действительно, с помощью аксиоматики можно только уточнить положения (основания) уже известной теории (системы представлений), однако принципиально новые идеи возникают не на почве строгих логических рассуждений, присущих аксиоматическому методу, а как-то иначе, путем озарений...

## 5.4. Системы отсчета в теории гравитации

В конце 60-х годов, продолжая анализировать подходы различных исследователей к проблеме квантования гравитации, я обратил внимание на серию работ П. Дирака, Р. Арновитта, С. Дезера, Ч. Мизнера и др. по каноническому квантованию гравитации и иных полей. По мнению этих авторов, общая теория относительности сформулирована неудачно для цели квантования. Прежде чем квантовать, необходимо ее переформулировать, привести к гамильтоновому виду, который в свое время оказался столь плодотворным при построении квантовой механики.

На первых порах это меня озадачивало, поскольку выделение координаты времени означало отказ от 4-мерной пространственно-временной симметрии, лежащей в основе теории относительности. (Напомню, что Дирак сомневался в фундаментальном характере 4-мерной симметрии и считал ее присущей лишь в макромасштабах, т. е. в классической физике.) Но вскоре методика выделения времени заставила вспомнить мо-надный метод задания систем отсчета в общей теории относительности, который мы осваивали в студенческие годы на практике у А. Л. Зельманова. Об этом же приходилось вспоминать и при построении аксиоматики ОТО, когда нужно было уточнять понятия координатных систем и систем

отсчета в ОТО. Так возник повышенный интерес к вопросам задания систем отсчета в теории гравитации, который позволил сделать следующий шаг на пути к решению поставленной сверхзадачи.

#### 5.4.1. Фундаментальная роль систем отсчета

Дирак и другие авторы в серии своих статей разработали канонический формализм систем (полей) со связями для выделения динамических степеней свободы полей, которые далее должны квантоваться. У электромагнитного поля это две возможные (поперечные) поляризации волны — две проекции спина фотона. Ожидалось, что из 10 компонент метрического тензора (гравитационного поля) также должны быть выделены две поперечно-поперечные компоненты гравитационной волны. Как уже отмечалось, в рамках дираковского канонического формализма удалось довольно красиво исключить 4 компоненты метрического тензора из 10. Программа забуксовала перед задачей исключения еще 4 степеней свободы из оставшихся 6 компонент. Анализируя эти работы, я обратил внимание на комбинации исключаемых и остающихся компонент метрики, очень напоминающие выражения в методе хронометрических инвариантов Зельманова. Замечу, что этот метод тогда мне представлялся красивым математическим аппаратом, полезным для решения прикладных задач, но я в ту пору не представлял, насколько он существенен при исследовании фундаментальных проблем, таких, как, например, квантование гравитации. А тут вдруг возникло нечто похожее.

Сначала я попробовал представить результаты Дирака в хронометрически инвариантном виде, но ничего хорошего из этого не получилось. При этом я столкнулся со странным обстоятельством: ключевые выражения из статей Дирака были очень похожи на выражения в методе хронометрических инвариантов, только почему-то индексы вместо ковариантных оказывались контравариантными или наоборот. Сколько я ни бился над этой проблемой, но понять ее суть мне помог все тот же Зельманов. В одной из наших встреч я поделился с ним волнующей меня задачей. Он внимательно выслушал, задал ряд вопросов по работам Дирака, глубоко-мысленно помолчал и уже при расставании бросил такую фразу: «имеется еще другой метод хронометрических инвариантов». Больше он ничего не сказал, но это решительно изменило ход мысли: теперь уже я не пытался вложить результаты Дирака в формализм хронометрических инвариантов, а стал искать иной формализм, в чем-то соответствующий данному методу.

Вместе со своим дипломником В. И. Антоновым (формально приписанным к Д. Д. Иваненко) мы бились над этой задачей около года, и наконец у нас все получилось. Действительно, перед нами раскрылся метод, аналогичный методу хронометрических инвариантов, но в нем имелись другие группы преобразований. Этот формализм опирался не на конгруэнцию времени-подобных мировых линий системы отсчета, как в методе хронометрических инвариантов, а на систему пространственно-подобных гиперповерхностей. При этом возникли похожие выражения, но с об-

ратной ковариантностью индексов. Этот метод мы назвали методом радиальных инвариантов, поскольку стремились его применить к задаче распространения гравитационных волн от источника по радиусу (перпендикулярно волновому фронту волны).

Попутно вскрылись чрезвычайно любопытные обстоятельства как в понимании общей теории относительности, так и в сути работ Дирака. Напомню, что само название общей теории относительности подразумевает, что в ней содержится обобщение специальной теории относительности. Ключевым моментом последней является эквивалентность всех возможных инерциальных систем отсчета. Полагается, что в общей теории относительности произведено обобщение на неинерциальные системы отсчета, связанные друг с другом допустимыми преобразованиями координат. Но в существующей формулировке ОТО на самом деле этого нет. В ней имеет место группа допустимых координатных преобразований, обобщающая группу линейных преобразований Лоренца, но в общем случае она не означает преобразования систем отсчета. На этот факт, т. е. на разницу между координатными системами и системами отсчета обращал внимание В. А. Фок. Общая теория относительности приобретает смысл, заложенный в ее названии, только когда она будет дополнена методом задания систем отсчета. Таковым до сих пор был метод хронометрических инвариантов. Но, оказывается, имеется еще другой метод. Чем же он отличается от метода хронометрических инвариантов?

Этот вопрос тесно связан с вопросом о существовании привилегированных систем отсчета. В специальной теории относительности и в механике Ньютона таковыми являются инерциальные системы отсчета. Как известно, инерциальные системы отсчета не вращаются, не ускоряются и не деформируются. Можно ли указать какой-то класс привилегированных систем отсчета в общей теории относительности, который бы хоть в какой-либо мере соответствовал классу инерциальных систем отсчета? Оказывается, можно. В самом общем случае таковыми являются так называемые *нормальные системы отсчета*, то есть без вращения. Именно такие системы отсчета описываются вторым видом хронометрических инвариантов, тогда как первый вид описывал самые общие случаи систем отсчета: ускоренных, вращающихся и деформирующихся. Теперь стал ясен смысл работ Дирака. Оказалось, что все достигнутые упрощения в решении проблемы квантования были связаны с тем, что предлагалось использовать для этого привилегированный класс нормальных систем отсчета (без вращения). Другими словами, хочешь что-то лучше понять, — не вертись.

В результате проведенных исследований удалось прочувствовать еще следующее обстоятельство. При формулировке ОТО в тензорном виде в основу теории положена 4-мерная симметрия всех четырех размерностей (координат). Именно так ОТО преподносится во всех учебниках. Однако, для того чтобы прийти к наблюдаемым понятиям, к величинам, которые может измерять экспериментатор, необходимо в теории осуществить обратную процедуру — произвести обратное расщепление симметричной

4-мерной теории на одно временное измерение и три пространственные, как в ньютоновой теории.

#### 5.4.2. История согласований с Зельмановым

Мы с В. И. Антоновым оформили результаты нашего исследования в виде препринта, изданного Институтом теоретической физики АН УССР в Киве, и доложили эту работу там же на Петровских чтениях. Кроме того, эти результаты мы включили в его дипломную работу (выполненную уже официально под моим руководством).

Зимой 1972/73 года опубликованный препринт с дарственной надписью я принес в ГАИШ Зельманову. Там, конечно, были ссылки на его работы по методу хронометрических инвариантов. Я полагал, что ему будет приятно увидеть развитие его идей бывшим учеником. Но дело приняло неожиданный для меня оборот. Зельманов, просмотрев препринт, изменился в лице. Придя в себя, он заявил: «Зачем вы провели это исследование? Вы знали, что я работаю над монадными методами задания систем отсчета. Вам нужно было прийти ко мне и попросить готовые формулы для применения к Вашей задаче». Он был очень взволнован, я же был озадачен сложившейся ситуацией и не знал, что делать.

Случившаяся история весьма поучительна, поскольку затрагивает ряд аспектов как научного, так и этического характера. Близкие ситуации возникали и у моих коллег. Как правило, они приводили к многолетним, порой очень острым конфликтам, поэтому остановлюсь на этой истории подробнее.

Позиция Абрама Леонидовича была следующей. Он разработал данный формализм (метод), впоследствии названный им *методом кинематрических инвариантов*, раньше меня. Более того, он намекнул мне о его существовании, значит, я знал, что это сфера его деятельности и не должен был вторгаться в эту область. Нужно было прийти к нему и попросить недостающие мне формулы. Поскольку я «нарушил правила приличия», то теперь нужно было должным образом поправить ситуацию. Через моего приятеля и однокурсника С. Л. Галкина, в тот момент аспиранта Зельманова, он настаивал, чтобы я пришел к нему в ГАИШ и в присутствии свидетелей ознакомился с его неопубликованными материалами (тетрадами с вычислениями).

Моя позиция состояла в том, что данные результаты мы получили с моим дипломником самостоятельно, затратив год работы. Да, я соглашался, был немаловажный для нас намек на существование иного формализма. Мы готовы отмечать данный факт, где это возможно, однако нам не нужно знакомиться с его рукописями: необходимые формулы нам известны. Я не мог согласиться с принципом «занятых» областей научных исследований, считая, что каждый ученый имеет право разрабатывать любую интересующую его проблему. Приоритет должен закрепляться научными публикациями. Полученные результаты публикуются в открытой печати, и каждый желающий может их использовать без дополнительного разрешения. В данном же случае Зельманов, не печатая свои результаты,

претендует на роль монополиста и фактически закрывает нам путь к публикациям на эту тему. По существовавшим в тот момент правилам при направлении статьи в печать необходимо было оформлять авторскую справку и акт экспертизы, в которых авторы расписывались под тем, что в статье нет ссылок на неопубликованные материалы. В тот момент мы уже направили в печать статью с этими и с некоторыми новыми результатами в сборник «Проблемы теории гравитации и элементарных частиц». Зельманову донесли об этом, и он организовал письмо от некоего третьего лица на имя заведующего нашей кафедры профессора А. А. Соколова. В письме этот человек свидетельствовал, что Зельманов сформулировал метод кинеметрических инвариантов значительно раньше, чем Ю. С. Владимиров с соавтором, который они, якобы, выдают за свой результат. При этом, заметьте, не говорилось о какой-то приоритетной публикации Зельманова, а лишь о существовании результатов «в сундуке». Соколов пригласил для разговора доцента А. Л. Зельманова и профессора В. Б. Брагинского, в то время заместителя председателя секции. Состоялся длительный разговор, о котором мне сообщил Брагинский, в частности, сказав, что Зельманов предполагает в будущем защищать докторскую диссертацию по методам хронометрических и кинеметрических инвариантов. Для этого ему нужно сохранить за собой приоритет и поэтому он настаивает на «беспрецедентном» решении проблемы. Во-первых, он хочет, чтобы я ознакомился в присутствии свидетелей с его тетрадками, и, во-вторых, чтобы мы в посланной в печать статье сделали сноску сформулированного им содержания. Суть этой сноски состояла в том, что метод кинеметрических инвариантов впервые развит А. Л. Зельмановым, а наш результат состоит в приложениях этого метода. Он настаивал на том, чтобы в сноске была фраза: «Это могло создать у читателя ложное впечатление, будто мы приписываем создание метода себе. Мы пользуемся случаем рассеять возможные недоразумения»<sup>14</sup>. Соколов же после разговора с Зельмановым бросил такую фразу: «Тяжелый человек».

153

Проанализировав текст сноски, я решил согласиться с таким решением. Во-первых, Абрам Леонидович был моим учителем и благодаря ему я познакомился с методом хронометрических инвариантов. Кроме того, я его глубоко уважал и не хотел быть препятствием в его планах.

Во-вторых, я отдавал себе отчет в том, что для каждого из нас этот результат имел принципиально разное значение. Для Зельманова разработка методов хронометрических и кинеметрических инвариантов, по существу, представляли смысл его творческой жизни. Другие его результаты в области космологии, хотя и высоко котировались, но, на мой взгляд, по значимости не шли ни в какое сравнение с работами по системам отсчета. Для меня же это был побочный результат, и в тот момент нам было

<sup>14</sup> Антонов В. И., Владимиров Ю. С., Ефремов В. Н. Монадный метод и канонический формализм общей теории относительности // Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. Вып. 7. М.: Атомиздат, 1976. С. 35.



А. Л. Зельманов и Д. Д. Иваненко (Тбилиси, 1968 г.). (Фото автора)

важно разобраться в сути работ Дирака и применить монадный метод для анализа проблемы квантования гравитации.

В-третьих, я знал манеру работы Абрама Леонидовича. Свои результаты он выдерживал «в сундуке» годами, тщательно шлифуя формулы и фразы. Особенно ответственно он относился к вводимой терминологии, советовался с филологами и лингвистами. В итоге получалось, что на одну статью уходило несколько лет, а список его научных работ включал всего примерно три десятка публикаций.

В-четвертых, данная сноска фактически развязывала нам руки и спрашивать какое-либо разрешение никакой надобности уже не было. А получить у Зельманова добро на публикацию или на защиту диссертации было непросто: его ученикам приходилось ждать разрешения годами. Иногда такие ожидания заканчивались конфликтами.

В итоге все его условия были выполнены, включая «знакомство» с тетрадками и публикацию статьи с предложенной им сноской. Нормальные отношения с ним продолжались до конца его дней, правда, в них больше не было прежней теплоты и доверительности.

#### 5.4.3. Развитие идей монадного метода

На монадный метод можно смотреть как на математический прием выделения одного из направлений (одной из размерностей). В связи с анализом ряда других проблем у нас возникла идея построить аналогичный формализм для выделения двух размерностей. В итоге нами был развит диадный метод, основанный на принципах монадного. Было показано, что в таком методе будет уже не две разновидности, типа хронометрических и кинеметрических инвариантов в монадном методе, а четыре. В ряде наших работ были детально развиты эти варианты диадного формализма, выписаны группы соответствующих координатных преобразований, найдены

операторы дифференцирования и система из 11 физико-геометрических тензоров.

Развитый нами диадный формализм (метод) был применен для дальнейшего развития дираковского канонического формализма, т. е. для продолжения программы выделения динамических степеней свободы гравитационного поля (волны). Если первый вектор диады соответствовал направлению времени используемой системы отсчета, то второй вектор диады предлагалось связать с направлением распространения гравитационной или какой-либо иной волны. Динамическими переменными предлагалось считать компоненты 2-мерного метрического тензора в пространственном сечении, ортогональном двум векторам диады.

В середине 70-х годов в нашей стране наблюдался всплеск интереса к проблеме описания систем отсчета и к методам расщеплений многообразий на меньшие размерности. Кроме нас с Зельмановым, в этих работах участвовали Н. В. Мицкевич (Москва), В. И. Родичев (Москва), А. Е. Левашев и О. С. Иваницкая (Минск), Р. Ф. Полищук (Москва) и другие. Н. В. Мицкевич обнаружил, что открытый Зельмановым оператор временного дифференцирования в методе хронометрических инвариантов представляет собой не что иное, как производную Ли вдоль времени-подобного направления. Это ему позволило назвать серию своих с учениками работ в этой области как работы по Ли-монадному формализму. Р. Ф. Полищук по образу и подобию монадного метода (метода 1+3-расщепления) разработал диарный формализм, то есть метод 2+2-расщепления. Замечу, наш диадный формализм означал 1+1+2-расщепление 4-мерного многообразия.

А. Е. Левашев и О. С. Иваницкая развивали и применяли тетрадный формализм, состоящий в 1+1+1+1-расщеплении 4-мерного пространства-времени. Отмечу, что В. А. Фок поддерживал работы по методам описания систем отсчета. В частности, именно он представлял работы Зельманова на эту тему в ДАН СССР. А на 3-й международной гравитационной конференции в Варшаве он переводил на английский язык выступление Зельманова о методе хронометрических инвариантов.

Интересна дискуссия, которая тогда произошла между нами, москвичами, и минчанами. Дискутировалось, что является более первичным: монадный или тетрадный метод. Одни утверждали, что первичным нужно понимать монадный метод, тогда выходило, что тетрадный метод можно понимать как четырежды примененный монадный. Другие считали, что первичным является тетрадный, тогда как монадный представляет собой усеченный тетрадный метод. Время показало надуманность такой постановки вопроса. Каждый из этих методов имеет свои особенности и свою сферу применимости. Несмотря на разногласия, дискуссии проходила в мирной, дружелюбной форме.

На основании полученных результатов по монадному и диадному формализмам и их применениям была подготовлена докторская диссертация, которую я в 1975 году успешно защитил в Институте физики АН БССР (Минск). Продолжая работать над данной проблематикой,

я написал монографию «Системы отсчета в теории гравитации», которая вышла в 1982 году и, насколько мне известно, остается востребованной и цитируемой до сих пор. Так развивался довольно важный этап моей исследовательской работы, связанной с описанием систем отсчета. На этой основе удалось под новым углом зрения взглянуть на ряд проблем общей теории относительности и вообще геометрического миропонимания.

Во-первых, изучение данной проблематики позволило глубже понять сущность общей теории относительности.

Во-вторых, мы освоили метод описания систем отсчета и научились корректно интерпретировать возможные эффекты общей теории относительности. По данной тематике под моим руководством были подготовлены и успешно защищены кандидатские диссертации В. И. Антонова, В. Н. Ефремова, С. В. Родичева (сына В. И. Родичева), О. Б. Карпова, С. В. Румянцева.

В-третьих, был разработан мощный математический аппарат, позволяющий анализировать широкий спектр не только прикладных, но и фундаментальных проблем ОТО, таких, как проблема гравитационных волн, проблема квантования гравитации, законы сохранения и др. Только тогда я почувствовал, насколько красивым и мощным должен быть математический аппарат, пригодный для строгого обсуждения фундаментальных проблем. Без соответствующего математического аппарата все изыскания в области фундаментальных проблем обречены на бесконечные словопрения.

В-четвертых, монадный и диадные методы приоткрыли выход на концептуальные вопросы теории пространства-времени. Более четко проявилось различие координатных систем и систем отсчета. На первых этапах работы над монадным формализмом уже просматривалась связь с проблемой сигнатуры пространства-времени, т. е. с решением вопроса, почему в ОТО выделено одно измерение времени-подобное, а три остальные — пространственно-подобные.

В-пятых, методы задания систем отсчета открывали возможность на новой основе подойти к проблеме квантования гравитации. Пока еще существенного прогресса на этом пути не было достигнуто, но важна сама постановка задачи. Например, можно ли указать квантовый аналог классического понятия системы отсчета? Большой интерес вызывало также соображение В. А. Фока об аналогии понятий системы отсчета в ОТО и макроприбора в квантовой механике. Развитие этих идей было еще впереди.

И, наконец, в-шестых, эти методы вывели нас на проблемы многомерия и связанные с ними задачи корректного рассмотрения и анализа многомерных геометрических моделей объединения физических взаимодействий.

## 5.5. Развитие идей многомерия

Занятия вопросами задания систем отсчета естественным образом привели к развитию многомерных геометрических моделей физических взаимодействий (в микромире). Это было связано с пониманием монадного мето-

да как метода  $1+n$ -расщепления  $(n+1)$ -мерного многообразия. Невольно возникла мысль применить этот метод для выделения дополнительной размерности в 5-мерном многообразии, то есть для построения 5-мерных вариантов объединенной теории гравитации и электромагнетизма. Такая модель нами была построена, но вскоре мы поняли, что в какой-то степени мы заново «изобретаем велосипед». Мы нашли работы А. Эйнштейна и П. Бергмана конца 30-х годов, где, как оказалось, впервые был развит монадный метод в калибровке (модификации) типа хронометрической для выделения пятой координаты в 5-мерной модели гравитации и электромагнетизма Т. Калуцы. Опять выяснилось, что мы в несколько иной форме повторяем ранее полученные результаты.

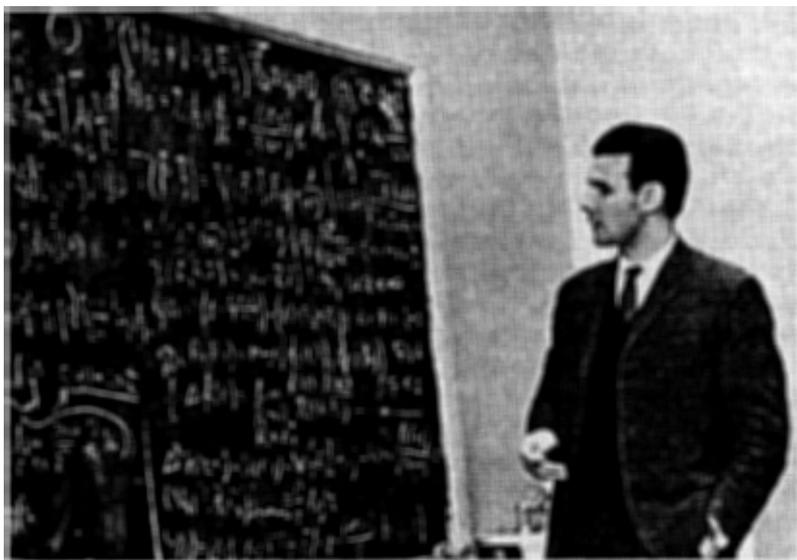
Но и это нас не обескуражило, — скорее, — наоборот, вдохновило. Дело в том, что мы использовали монадный метод, значительно усовершенствованный за прошедшее время, — так что наш вариант 5-мерной теории был значительно более совершенным и прозрачным для физического осмысления.

Думается, А. Л. Зельманов не мог не знать работы Эйнштейна и Бергмана по 5-мерию, но нигде не говорил об их связи с методом хронометрических инвариантов. Еще до описанной выше истории я сообщил ему о начале наших работ в этой области и он отнесся к этому с интересом. Таким образом, и у Зельманова были великие предшественники.

Как уже отмечалось, я «заразился» идеями 5-мерия (многомерия) от В. И. Родичева, переняв их вместе с идеями неримановых геометрий, главным образом, пространств с кручением. Родичев пытался описать электромагнетизм через компоненты 5-мерного кручения. Потом, когда мы стали развивать 5-мерную теорию на основе опыта, полученного в рамках метода хронометрических инвариантов, перед нами развернулась чрезвычайно красивая теория, от которой уже нельзя было отвернуться.

Однако ряд коллег, которым мы рассказывали о 5-мерии, не хотели об этом слушать. На одном из заседаний кафедры, когда нужно было отчитываться о полученных нами результатах и я стал говорить о 5-мерии, мне сразу же был задан вопрос: «А Вы знаете об отношении Ленина к идеям Маха о дополнительной размерности?» Пришлось оправдываться, причем, видимо, мои доводы не воспринимались более весомыми, нежели мнение вождя.

В таких случаях необходима хоть какая-то поддержка со стороны. Таковую я видел не только внутри нашей гравитационной группы, но и в работах некоторых коллег. Так, идеи 5-мерного импульсного пространства в связи с проблемами квантовой теории развивал В. Г. Кадышевский. На соседней кафедре математической физики к 5-мерию обратился Ю. П. Пытьев, рассчитывая таким образом описать сильные взаимодействия. Тогда полагалось, что их переносчиком являются скалярные пи-мезоны. В одной из бесед он выразил непоколебимую уверенность, что наш мир пятимерен. Более того, на семинаре Д. Д. Иваненко несколько раз выступал Никола Калицын из Болгарии, который пошел дальше,



В. Г. Кадышевский на лекции в МГУ

158

развивая многомерные теории шести измерений. Правда, у него эти исследования имели формальный характер, не привязанный к достаточно веским физическим обстоятельствам.

Пришлось серьезно заняться выявлением дефектов в пятимерных теориях Т. Калуцы и О. Клейна. К тому времени мне уже была хорошо известна книга Ю. Б. Румера «Исследования по 5-оптике», однако, как я понял, в ней развивался вариант теории О. Клейна, а не 5-мерной объединенной теории гравитации и электромагнетизма Калуцы. Многое я почерпнул из опубликованного в середине 60-х годов 4-томника научных работ А. Эйнштейна. Из них-то я и узнал, во-первых, о метаниях Эйнштейна между 4-мерными и 5-мерными моделями объединения гравитации и электромагнетизма, во-вторых, увидел связь между методом  $1+4$ -расщепления в 5-мерной теории Эйнштейна и П. Бергмана 1938 года и методом хронометрических инвариантов, а, в-третьих, там можно было найти многочисленные претензии Эйнштейна к 5-мерию.



Н. Калицин (Болгария) на семинаре Д. Д. Иваненко. (Фото автора)

Пришлось серьезно заняться выявлением дефектов в пятимерных теориях Т. Калуцы и О. Клейна. К тому времени мне уже была хорошо известна книга Ю. Б. Румера «Исследования по 5-оптике», однако, как я понял, в ней развивался вариант теории О. Клейна, а не 5-мерной объединенной теории гравитации и электромагнетизма Калуцы. Многое я почерпнул из опубликованного в середине 60-х годов 4-томника научных работ А. Эйнштейна. Из них-то я и узнал, во-первых, о метаниях Эйнштейна между 4-мерными и 5-мерными моделями объединения гравитации и электромагнетизма, во-вторых, увидел связь между методом  $1+4$ -расщепления в 5-мерной теории Эйнштейна и П. Бергмана 1938 года и методом хронометрических инвариантов, а, в-третьих, там можно было найти многочисленные претензии Эйнштейна к 5-мерию.

Мы занялись сбором претензий Эйнштейна и других авторов к идеям многомерия и анализом того, насколько эти претензии серьезны. Нас интересовал вопрос: почему, несмотря на свои достоинства и указанные выше «чудеса» Калуцы, 5-мерная теория не получила всеобщего признания и не стала рабочим инструментом физиков? Почему сведения о 5-мерной теории не включаются в учебники? Почему о ней не говорят не только школьникам, но и студентам вузов? В итоге у нас накопилось полтора десятка критических замечаний, из которых назову главные:

1. Не был ясен физический смысл 5-й координаты.
2. Сомнения вызывало условие независимости компонент 5-мерной метрики от пятой координаты.
3. Не удавалось физически истолковать 15-ю компоненту  $G_{55}$ .
4. В 20-х годах Эйнштейн считал существенным недостатком теории Калуцы необходимость волевым образом вводить в правую часть электромагнитных уравнений плотности электрического тока внешней материи. Однако аналогичным образом добавляется тензор энергии-импульса материи в правую часть 4-мерных уравнений Эйнштейна.
5. Констатировалось, что в теории получено лишь формальное единство общей теории относительности Эйнштейна и теории электромагнетизма Максвелла.
6. Отсутствовала ожидаемая связь 5-мерия с квантовой теорией.
7. Имелись альтернативные варианты единой теории поля, опирающиеся на обобщения римановой геометрии в рамках 4-мерного пространства-времени.
8. Кроме гравитационного и электромагнитного взаимодействий имеются еще слабые и сильные взаимодействия, с которыми 5-мерная теория никак не связана. Данное соображение казалось убийственным. Не видя возможностей ответить на этот упрек, в середине 70-х годов стал терять веру в многомерие даже такой его стойкий приверженец, как Ю. Б. Румер. Буквально за несколько лет до возрождения идей многомерия он написал: «Однако такого рода попытки (построения 5-мерной теории. — Ю. В.) не дали никаких существенно новых результатов. Этот путь объединения имел бы некоторый смысл в тот давно уже прошедший период физики, когда из семейства зарядов был известен лишь электрический заряд. Но в связи с открытием в последние годы новых зарядовых величин и соответствующих этим величинам законов сохранения надежда на развитие 5-мерных теорий должна быть оставлена. На этом пути в лучшем случае можно прийти к чисто внешнему, механическому объединению электромагнетизма и тяготения, но нет надежды получить органическое объединение, дающее возможность предсказывать какие-либо новые наблюдаемые электрогравитационные эффекты»<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> Румер Ю. Б. Принципы сохранения и свойства пространства-времени // Пространство, время, движение. М.: Наука, 1971. С. 118.

Имелись и другие претензии к идее многомерия, но проведенный анализ показал, что все они имели либо чисто психологический характер, либо преодолевались путем дальнейшего увеличения размерности используемого пространственно-временного многообразия. Это стало ясно, после того как в рамках калибровочного подхода (теоретико-полевого видения мира) было показано, что электрослабые и сильные взаимодействия также переносятся промежуточными векторными бозонами.

Но все это стало понятным значительно позже, а в условиях 60-х годов без предсказаний новых эффектов, когда параллельно успешно развивались другие разделы физики, трудно было защищать теорию 5-мерия. Мы же, убедившись в отсутствии серьезных недостатков многомерных геометрических моделей, продолжали исследования. Для того, чтобы обезопасить своих учеников от упреков рецензентов и оппонентов, мы строили дипломные работы и диссертации таким образом, что основную часть составляли исследования в рамках 4-мерного монадного метода и лишь в заключительной части приводились результаты по многомерию, как любопытные добавления, к которым можно было относиться как к упражнениям абстрактного характера.

Но самое важное состояло в том, что занятие 5-мерием приблизило к решению поставленной сверхзадачи. Появилась уверенность, что в микромире действительно проявляются отклонения от классических пространственно-временных отношений. Там мы имеем дело не с четырьмя, как в классической геометрии, а, как минимум, с пятью измерениями. Если вспомнить аксиоматику, то теперь уже можно было с уверенностью сказать, что в микромире мы должны изменить классическую аксиому размерности.

Далее оказалось, что дополнительное измерение является замкнутым, т. е. компактифицированным. Встал новый вопрос: Почему одно измерение компактифицировано, а остальные четыре оказались развернутыми, классическими? Этот вопрос ставился многими авторами, но удовлетворительного ответа на него не было дано. Скорее всего, это объясняется тем, что задача формулировалась таким образом: Как из некомпактифицированной (классической) размерности перейти к компактифицированной? Однако книга Ю. Б. Румера по 5-оптике, в которой делалась попытка геометрически интерпретировать закономерности квантовой механики через компактифицированную пятую координату, имеющую смысл действия, наталкивала на мысль, что в микромире все координаты компактифицированы, о чем может свидетельствовать квантовая механика, а нужно ставить задачу иначе: Почему из пяти компактифицированных координат четыре раскрылись в классические, а пятая координата осталась замкнутой? А эта задача уже вплотную примыкала к сверхзадаче.

В итоге у нас сложилось твердое убеждение, что история развития теории физических взаимодействий могла бы оказаться иной и физика могла бы пойти по пути многомерных геометрических моделей типа теорий Т. Калуцы и О. Клейна. В частности, об этом свидетельствует возрождение интереса

к концепции многомерия с конца 70-х годов, не затихающего до настоящего времени. Пионерские работы 20–30-х годов, видимо, оказались преждевременными. В них довольно быстро встали вопросы, ответить на которые тогда было затруднительно. Кроме того, история теоретической физики показывает, что каждое увеличение геометрической размерности всегда означало для исследователей преодоление высокого психологического барьера.

Выступая на семинарах и гравитационных конференциях, мне всегда хотелось пробудить интерес к идеям многомерия и в ряде университетов и исследовательских групп это, кажется, удалось сделать. В частности, «вирус» интереса был занесен в Днепропетровский, Красноярский, Ярославский и ряд других университетов. Кроме того, опубликованные работы подкрепляли уверенность в плодотворности идей многомерия у ряда московских коллег-гравитационистов.

Многомерные геометрические модели типа теории Т. Калуцы и О. Клейна, несомненно, отражают свойства реального мира, но исследователей, как правило, не покидает мысль, что *эти модели представляют собой лишь вершину айсберга*. Его подводная часть оказывается скрытой для всех, кто ограничивается рамками лишь классического геометрического подхода к физическому мирозданию.

## Глава 6

# Позиции и горизонты ожиданий отечественных физиков-гравитационистов

*Сколько имеется людей, занимающихся  
общей теорией относительности:  
столько имеется ее пониманий<sup>1</sup>.*

Профессор Дж. Синг (Ирландия)

*Сейчас, вот в этот миг, не в высь ли  
Твои возносятся мечты?  
То мы подсказываем мысли  
Тебе — из тайны темноты:  
То наши помыслы нависли  
Над сном твоим: им внемлешь ты?<sup>2</sup>*

В. Брюсов

Настоящий физик-теоретик как правило исходит из собственной нестандартной праидеи, которая направляет его научный поиск и в итоге, если исследовательская интуиция его не подвела, приобретет статус теории. Но изначально довольно смутное предчувствие результативности возникшей мысли существенно отличается от общепринятых идей и представлений. К сожалению, далеко не всегда удается выразить свою мысль на общепонятном языке и перевести на язык формул, но это вовсе не значит, что исследователь работал всю жизнь впустую. Именно эта с трудом поддающаяся описанию идея является двигателем поисковой деятельности. И, хотя желаемое по-прежнему остается скрытым за линией горизонта, физик-теоретик творит, решает задачи, которые, как ему кажется, приближают его к заветной цели. А если ученый увлеченно работает, его ждут интересные, а порой и неожиданные результаты.

Более того, плодотворные мысли и идеи не умирают, а вольно или невольно подхватываются другими и уже им предстоит сделать новые шаги, приближающие к решению поставленной задачи.

---

<sup>1</sup> Из выступления на 3-й Международной гравитационной конференции в Варшаве (1962 г.).

<sup>2</sup> Брюсов В. Перешедшие — оставшимся // Валерий Брюсов. Стихотворения. М.: Советская Россия, 1990. С. 268.

Рассмотрим взгляды на суть общей теории относительности и ожидания от исследований в этой области ведущих отечественных теоретиков-гравитационистов 60-х годов, с которыми мне пришлось общаться.

## 6.1. Академик В. А. Фок

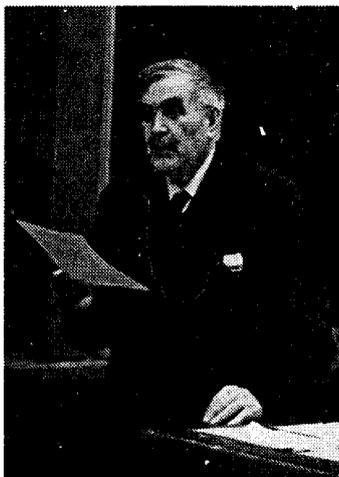
В 50–60-е годы теоретиком-гравитационистом номер один в нашей стране заслуженно считался академик Владимир Александрович Фок (1898–1974). Классик теоретической физики был автором неоднократно переиздававшейся прекрасной монографии «Теория пространства, времени и тяготения», по которой осваивали общую теорию относительности многие из тех, кто специализировался в этой области. Фок не обладал талантом крупного организатора науки, да и не было у него для этого возможностей: глухота затрудняла общение с коллегами. Держась в сообществе гравитационистов особняком, он напоминал Плеханова, который тоже глубже других понимал российское социал-демократическое движение, но оставался в стороне от активной политической борьбы. Фок, безусловно, был лучшим специалистом по общей теории относительности, однако вряд ли его можно было причислить к приверженцам геометрического миропонимания в экстремальной форме, которой придерживались В. Клиффорд, А. Эйнштейн или Дж. Уилер. Он ограничился задачей проникнуть в суть общей теории относительности и развить ее, не претендуя на выход за ее рамки, разве что в сторону квантовой теории.

163

### 6.1.1. В. А. Фок о сущности общей теории относительности

Когда заходит речь о заслугах В. А. Фока в развитии общей теории относительности, то обычно сразу же называют его знаменитую публикацию конца 30-х годов, в которой показывалось, что уравнения движения материальных объектов следуют из уравнений Эйнштейна. Этот вывод был сделан независимо и почти одновременно с известной работой А. Эйнштейна, Л. Инфельда и Б. Гофмана, где этот же результат был получен другим образом. Это открытие принципиально важного свойства нелинейных уравнений Эйнштейна существенно продвинуло понимание теории гравитации.

Среди прочих важных научных достижений Фока в данной области отметим его вклад в прояснение принципиальных вопросов понятийного характера.



Академик В. А. Фок на последнем своем публичном выступлении (МГУ, 1974 г.). (Фото автора)

Прежде всего, здесь следует сказать о том, что В. А. Фок смог в наиболее рафинированной форме сформулировать суть общей теории относительности: «Истинной логической основой теории тяготения Эйнштейна являются не идея общей относительности и не принцип эквивалентности, а другие две идеи, а 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 относительность) и кинематического толкования тяготения (так называемая эквивалентность) сыграли лишь эвристическую роль»<sup>3</sup>.

Эйнштейн иначе трактовал суть своей теории и к числу ее основных положений относил принципы общей ковариантности, эквивалентности и даже принцип Маха, поэтому Фок считал неудачным название «общая теория относительности». Далеко не все и не сразу приняли трактовку ОТО, предложенную Фоком. А некоторые прямо утверждали, что Фок слишком много берет на себя, заявляя, что Эйнштейн не понял своей теории.

Важная заслуга В. А. Фока состоит в четком разграничении понятий координатная система и система отсчета: «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»<sup>4</sup>. Отмечу, что как в работах самого Эйнштейна, так и у многих других авторов вплоть до последнего времени не проводится четкой разницы между этими понятиями. Об этом более подробно будет сказано ниже.

Занимая особое положение в плеяде отечественных физиков-гравитационистов, В. А. Фок одновременно являлся еще и физиком-квантистом мирового уровня. Поэтому многие его работы и идеи относятся к пограничной области двух ключевых разделов физики XX века: квантовой теории и теории относительности. Остается только сожалеть, что большинство физиков-теоретиков недостаточно оценили вскрытую им аналогию между понятием системы отсчета в ОТО и макроприбором в квантовой теории. В. А. Фок писал: «Понятие относительности к средствам наблюдения (в квантовой механике. — Ю. В.) есть в известном смысле обобщение понятия относительности к системе отсчета. Оба понятия играют в соответствующих теориях аналогичную роль. Но в то время как теория относительности, которая опирается на понятие относительности к системе отсчета, учитывает лишь движение средств наблюдения как целого,

<sup>3</sup> Фок В. А. Об основных принципах теории тяготения Эйнштейна // Современные проблемы гравитации. Тбилиси: Изд-во Тбил. гос. ун-та, 1967.

<sup>4</sup> Там же. С. 5.

в квантовой механике необходимо учитывать и более глубокие свойства средств наблюдения»<sup>5</sup>.

Следующий важный результат Фока, опять-таки на границе квантовой теории и ОТО, состоит в записи важнейшего уравнения квантовой теории — уравнения Дирака (для спинорных частиц, каковыми являются все основные частицы мироздания) — в искривленном пространстве-времени общей теории относительности. Известно, что этой проблемой занимались многие физики, в том числе и Шредингер. Но впервые эта задача была решена в совместной работе В. А. Фока и Д. Д. Иваненко, состоящей из двух частей. Впоследствии В. А. Фок развил свою часть статьи в отдельной обстоятельной работе<sup>6</sup>.

Примечательна позиция В. А. Фока по проблеме геометризации электромагнетизма и исследований обобщений эйнштейновской теории тяготения. Интересуясь в 20-е годы 5-мерным обобщением, ставшим ему известным благодаря работам ленинградского физика Г. А. Манделя, Фок в своей ранней работе 1926 года<sup>7</sup> практически одновременно с О. Клейном получил релятивистское обобщение уравнения Шредингера — ключевого уравнения нерелятивистской квантовой механики. Аналогичный результат позднее получил Гордон. Впоследствии это уравнение стали называть уравнением Клейна—Гордона, но мы с Н. В. Мицкевичем, академиком Ф. И. Федоровым и профессором Н. А. Черниковым всячески стремились внедрить термин «уравнение Клейна—Фока» или, на худой конец, «уравнение Клейна—Фока—Гордона», желая устранить допущенную историческую несправедливость.

Однако во всех последующих работах Фок больше не возвращался к этой работе и не касался вопросов геометризации электромагнетизма. Почему? Это оказалось связанным с его трактовкой вида уравнений Дирака в искривленном пространстве-времени, для записи которых пришлось решать задачу о параллельном переносе спиноров в искривленном пространстве-времени. Любопытно, что в полученном решении для ковариантной производной от спинора, содержащем коэффициенты вращения Риччи, возникал произвол в виде некой векторной функции, которую Фок отождествлял с векторным потенциалом электромагнитного поля. На этом основании им был сделан вывод о ненужности специальных исследований по объединению гравитации и электромагнетизма. По его мнению, сформулированному в письме к Г. Вейлю, они автоматически объединялись в уравнении Дирака. Вслед за Фоком этой точке зрения придерживались и некоторые другие авторы.

<sup>5</sup> Фок В. А. Квантовая физика и философские проблемы // Физическая наука и философия. М.: Наука, 1973. С. 73.

<sup>6</sup> Фок В. А. Геометризация дираковской теории электрона // Zeits. für Phys. 1929. Bd. 57. S. 26. (Русский перевод в сб. «Альберт Эйнштейн и теория гравитации». М.: Мир, 1979. С. 415–432.)

<sup>7</sup> Fock V. Zur Schrodingerischen Wellenmechanik // Zeits. für Phys. 1926. Bd. 38, H. 3. S. 242–250.

В свое время этот факт нас озадачил, и мы вместе с Н. В. Мицкевичем и В. И. Родичевым вынуждены были проанализировать позицию В. А. Фока. В итоге мы пришли к заключению о необоснованности этого вывода: в полученном им выражении для ковариантной производной от спинора произвольная векторная функция указывала лишь место, куда может войти векторный электромагнитный потенциал, но само обоснование возникновения электромагнитного потенциала, наряду с гравитацией, необходимо было получить из каких-либо иных соображений.

Здесь хотелось бы упомянуть еще один чрезвычайно интересный результат, полученный еще молодым Фоком, — имеется ввиду его работа «Атом водорода и неевклидова геометрия»<sup>8</sup>, где показывалось, что к теории атома водорода можно придти от уравнения Лапласа в 4-мерном импульсном пространстве. Для этого нужно выделить угловую часть (в 4-мерном смысле) и произвести процедуру стереографической проекции 3-мерной гиперсферы на 3-мерную гиперплоскость. Собственные значения угловой части оператора Лапласа, как выяснилось, соответствуют собственным значениям уравнения Шредингера в задаче атома водорода. Причем, если преобразованием Фурье осуществить переход от импульсного в координатное пространство, то получается общеизвестное уравнение Шредингера для задачи атома водорода, то есть для частицы в центрально симметричном электрическом поле. В этой задаче электромагнетизм специально не вводится, а получается в результате процедуры стереографической проекции. В данной работе Фока вслед за Хиллераасом была открыта  $O(4)$ -симметрия в задаче атома водорода. Как представляется, до сих пор этот результат удивляет и будоражит мысль. Есть основания считать, что в этом вопросе еще не поставлена точка.

В. А. Фок связал этот результат с неевклидовой геометрией, поскольку в работе производилась стереографическая проекция с гиперсферы в 4-мерном (импульсном) пространстве, на которой, как известно, имеет место риманова геометрия (геометрия пространства постоянной положительной кривизны). Интересно отметить тот факт, что в последующие годы Владимир Александрович больше не возвращался и к этому результату, в частности, в новое издание его «Квантовой механики» этот результат не включен.

Наконец, следует упомянуть идею В. А. Фока, которой он остался верен до конца жизни: о выделенности гармонических координатных условий. Все свои результаты он получал именно в гармонических координатных системах, но потом неизменно оказывалось, что они могут быть получены и без условий гармоничности. Подавляющее большинство физиков-гравитационистов относилось к этой идее Фока как к его заблуждению, даже как к навязчивой «идее-фикс». Однако не будем торопиться с выводами. Пока гармонические условия лишь облегчали решение некоторых задач, но кто знает, может быть, в будущем окажется, что В. А. Фок был прав.

<sup>8</sup> Фок В. А. Атом водорода и неевклидова геометрия // Известия АН СССР. 1935. Т. 2. С. 169–184.

### 6.1.2. Штрихи к портрету В. А. Фока

Прежде всего, хотелось бы заметить, что академик В. А. Фок всегда с гордостью относил себя к вузовским работникам. Действительно, большая часть его жизни была связана с Ленинградским университетом, где он воспитал многих видных физиков-релятивистов: Ф. И. Федорова, Н. А. Черникова, И. Г. Фихтенгольца, Н. М. Петрову, М. М. Абдильдина и других. Его учениками считают себя также А. А. Гриб и И. В. Сандина. Однако не многим известно, что в середине 40-х годов он был назначен заведующим кафедрой теоретической физики на физическом факультете Московского государственного университета. У него были далеко идущие планы реорганизации преподавания теоретической физики в МГУ, однако он встретил сильное противодействие со стороны ряда влиятельных лиц на факультете и вынужден был отказаться от должности. Бойцовскими качествами задулистой борьбы, присущими Д. Д. Иваненко, он явно не обладал.

К Иваненко Фок относился плохо, считал его жуликом. Помню, на одном из пленарных заседаний летней гравитационной школы в Тарту председательствовал Фок, сидя в торце большого стола у доски и держа в руках слуховой аппарат, который он ориентировал в сторону говорящего. Но когда с замечаниями по выступлению профессора А. Е. Левашева, взяв слово Иваненко, он вздрогнул и стал взглядом искать дверь. Убедившись, что до двери далеко, он демонстративно выключил свой слуховой аппарат. Сидящим недалеко от него было слышно, как он вполголоса себе говорил:

— Затрещал, затрещал...

167



Академик В. А. Фок на летней гравитационной школе в Тарту демонстративно выключил свой слуховой аппарат как только стал говорить Д. Д. Иваненко. (Фото автора)

У Фока было две квартиры: в Ленинграде и в Москве, в высотном здании на площади Восстания, но жил он почти постоянно в Ленинграде, поскольку считал, что может жить только там, где похоронены его предки, деды, отец и его жена.

В течение многих лет он заведовал кафедрой теоретической физики в Ленинградском университете, где обстановка была несравненно спокойнее, нежели в МГУ. Как мне рассказывал один из его последних аспирантов Мейерхан Мубаракевич Абдильдин, кафедра теоретической физики ЛГУ располагалась в давно не ремонтировавшемся флигеле. Чтобы попасть в кабинет Фока, нужно было пройти комнату с книгами, где всегда толпился и шумел народ. Дверь в кабинет Фока обычно была широко открыта, и было видно сидящего за столом хозяина со своими бумагами. Все его ученики и сотрудники могли войти в кабинет без спроса в любой момент, рыться в шкафах и даже в его столе, почти не обращая на него внимания. Каждый мог хранить в его столе собственные бумаги. И иногда, доставая их, аспиранты буквально лезли в его стол прямо под его ногами. Фок был добродушным и на все это смотрел спокойно и даже снисходительно.

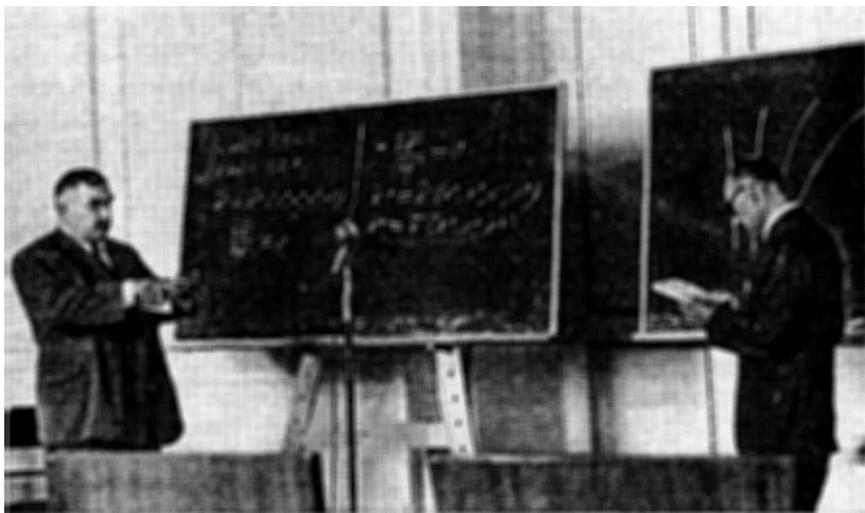
Вот что рассказывал про свою защиту кандидатской диссертации М. М. Абдильдин, написавший ее под руководством В. А. Фока. На банкет после защиты, устроенный в красном уголке студенческого общежития, согласился придти и Фок. Но в назначенное время приглашенным гостям и друзьям диссертанта дорогу в общежитие преградил милиционер, отказываясь их пропускать. Ситуация благополучно разрешилась только с появлением Фока. Узнав, в чем дело, он решительно своей грузной фигурой оттеснил милиционера и громко, исключая какие-либо возражения, заявил: «Проходите!». Милиционер не посмел ему перечить. В Ленинграде Фок пользовался огромным авторитетом.

Комната, в которой располагался красный уголок, была маленькой, и, чтобы дать возможность Фоку пройти, всем пришлось прижаться к стенке. Во время банкета Фок вел себя демократично: выпивал сухое вино, смеялся своим характерным смехом (кхе, кхе...), говорил тосты.

Как рассказывали хорошо знавшие Фока коллеги, он неважно относился к Иоффе и ко всей школе Ландау, считая, что отечественная теоретическая физика пошла не от них, а от непрерывающейся традиции Лобачевского, Умова, Столетова и Рождественского. Как уже отмечалось, на международной гравитационной конференции в Варшаве Фок, свободно владея несколькими иностранными языками, демонстративно выступал по-русски и переводил себя на французский, а Зельманов переводил на английский язык.

## 6.2. Абрам Леонидович Зельманов

Другим выдающимся представителем классической геометрической школы был теоретик-гравитационист Абрам Леонидович (Липович) Зельманов (1913–1987), один из моих учителей в студенческие годы, из рук которого



Академик В. А. Фок переводит на английский язык выступление доцента А. Л. Зельманова по методу хронометрических инвариантов на Варшавской гравитационной конференции. (Фото автора)

я получил монадный метод задания систем отсчета в хронометрической калибровке.

169

### 6.2.1. Взгляды Зельманова на ОТО и пространство-время

А. Л. Зельманов придерживался близких к Фоку взглядов на сущность общей теории относительности: «Я согласен с тем, что главное в общей теории относительности — отнюдь не относительность, а именно то, что это — теория гравитации»<sup>9</sup>. Как и Фок, Зельманов считал СТО и ОТО неудачными названиями: «Эти названия сложились исторически. Мне кажется, что более правильно их называть так: специальная теория пространств-времени и общая теория пространства-времени. Однако я не думаю, что привыкнут эти или какие-либо другие новые названия теорий».

Основным стержнем научной деятельности Зельманова был монадный метод задания систем отсчета, на основе которого он стремился рассматривать ключевые проблемы общей теории относительности. В частности, он долгое время пытался таким образом решить проблему законов сохранения в ОТО. При наших встречах он неоднократно сетовал, что это ему никак не удастся сделать. С помощью понятий системы отсчета он также пытался сформулировать критерий гравитационных волн. Многим известен референционный волновой критерий Зельманова.

<sup>9</sup> Зельманов А. Л. Некоторые вопросы космологии и теории гравитации // Физическая наука и философия. М.: Наука, 1973. С. 276. Сборник составлен по выступлениям на втором всесоюзном совещании по философским вопросам современного естествознания, посвященного 100-летию со дня рождения В. И. Ленина (Москва, декабрь 1970 г.).

Значительное место в исследованиях Зельманова занимали вопросы космологии. Являясь одним из крупнейших отечественных космологов, Абрам Леонидович убедительно показал, что факт открытости или закрытости пространственного сечения Вселенной может зависеть от выбора системы отсчета. В одних системах отсчета Вселенная может предстать закрытой, т. е. конечной, а в других — открытой, т. е. бесконечной.

В. А. Фок высоко ценил работы Зельманова по системам отсчета и представлял его статьи к публикации в Докладах академии наук СССР.

Обладая удивительной способностью взглянуть в самый корень рассматриваемых проблем, Зельманов охотно делился своим пониманием фундаментальных вопросов теории пространства-времени. Приведу некоторые его мысли, которые не утратили своей значимости и в настоящее время: «Вся современная физика явно или неявно пользуется метрической геометрией. Что такое метрическая геометрия? Это геометрия, в которой основным понятием служит понятие длины. И поскольку понятие длины — понятие основное, оно не подлежит определению в рамках метрической геометрии. Если физика пользуется метрической геометрией, значит понятие длины (а поскольку мы говорим о физике, то не только понятие длины, но и понятие промежутка времени) принадлежит к основным физическим понятиям, не подлежащим определению»<sup>10</sup>.

В этой же работе содержатся следующие важные рассуждения о пространстве-времени в микромире: «Мы часто слышим заявления, что в глубоком микромире пространственно-временная картина должна быть оставлена, и тут же делается заверение, что не буквально оставлена, но что нужно лишь отказаться от каких-то представлений о свойствах пространства и времени, к которым мы привыкли. По-видимому, первое представление, от которого придется отказаться, это представление о метричности пространства и времени в глубоком микромире и при очень высокой плотности»<sup>11</sup>.

В теории будущего вместе с изменением геометрии существенно должна измениться и физика. Приведу несколько из сделанных Зельмановым прогнозов.

«Самые общие современные физические теории, это, с одной стороны, общая теория относительности и, с другой стороны, релятивистская квантовая теория. По-видимому, новая физическая теория должна представлять собой либо синтез этих двух теорий, либо замену такого синтеза, показывающую его невозможность. В этом случае она будет содержать не какие-либо наиболее общие дифференциальные уравнения, а принципы, позволяющие сопоставлять дифференциальные уравнения для всех допускаемых ею случаев. Математическим выражением этих принципов могут быть также уравнения, но не дифференциальные».

«И все же можно предположить, что будущая физическая теория будет аметрической или полиметрической, поскольку она будет допускать

<sup>10</sup> Зельманов А. Л. Некоторые вопросы космологии и теории гравитации // Физическая наука и философия. С. 278.

<sup>11</sup> Там же. С. 279.

множество различных типов метрик, и тогда на будущем этапе развития физики на смену идеи относительности явится идея соотносительности».

«По-видимому, тенденция развития физики такова, что мы переходим ко все более общим физическим принципам, причем количество этих принципов не растет, а уменьшается. Не исключено, что со временем, может быть в той будущей теории, которая будет аметрической или полиметрической и в которой наиболее общие уравнения не будут дифференциальными, а космологическая модель будет единственной, возможно, что в этой теории будут сформулированы какие-то общие физические принципы, которые будут содержать в себе физику, через нее химию и т. д.»

«Таким образом, вы можете легко себе представить, что основные принципы могут содержать в себе абсолютно все, но практическая невозможность вывода из этих принципов многих закономерностей, которые мы сравнительно легко познаем из эксперимента, превращается в принципиальную невозможность»<sup>12</sup>.

В весеннем семестре 1969 года Зельманов решил организовать свой собственный гравитационный семинар и подолгу делился своими размышлениями и сомнениями со мной и Сережей Галкиным. Наконец, семинар был создан. На первом заседании выступил сам Абрам Леонидович, охарактеризовав главные, на его взгляд, нерешенные проблемы ОТО:

- 1) проблема энергии-импульса гравитационного поля;
- 2) описание гравитационного излучения;
- 3) вопрос о сингулярностях в общем решении уравнений Эйнштейна;
- 4) космологическая проблема.

171

На этом же семинаре он очертил круг проблем, которые предполагалось рассмотреть на его семинаре:

- 1) математические методы в ОТО;
- 2) гравитационное излучение, проблема законов сохранения;
- 3) проблема Коши и проблема сингулярности;
- 4) анизотропные неоднородные модели Вселенной и теория возмущений;
- 5) проблема конечности и бесконечности пространственных и временных масштабов.

На втором заседании семинара выступил Н. В. Мицкевич с докладом на тему «Проблема энергии в ОТО». Все намеченное он не успел рассказать и продолжил на следующем заседании, где состоялось также выступление В. Д. Захарова на тему «О решении уравнений Эйнштейна с правой электромагнитной частью» (по работе Карачеодури).

На одном из последующих семинаров выступил и я с анализом работ по квантованию гравитации. Когда я стал говорить о выделении поперечно-поперечных компонент метрического тензора, подлежащих квантованию, Зельманов спросил: «А почему их нужно квантовать?» Я ответил,

<sup>12</sup> Там же. С. 280.

что так думают все. «А-а, все так думают,» — с издевкой повторил он. И по его тону было ясно, что такой довод для него ничего не значит.

В конце первого семестра на заключительном заседании семинара выступил И. М. Халатников с докладом «Особенности в решениях уравнений ОТО».

### 6.2.2. Штрихи к портрету А. Л. Зельманова

Зельманов чрезвычайно щепетильно относился к своим публикациям и, бывало, вынашивал тексты годами, советовался с филологами по поводу вводимой им терминологии<sup>13</sup>. Помню, что во время подготовки тезисов конференций к печати он буквально мучил нас многократной правкой своих тезисов. В итоге статей у Зельманова оказалось мало: за всю жизнь едва наберется три десятка. То же можно сказать и о полученных результатах: они подолгу вылеживали в его столе.

Выделялась его пунктуальность и щепетильность во всех вопросах. Он не пропускал ни одного заседания секции гравитации или оргкомитета конференций, куда он был включен. При обсуждении вопросов он делал очень четкие и дельные замечания, максимально ясно и точно формулируя суть обсуждаемой проблемы.

В 60–70-х годах Абрам Леонидович был всего лишь кандидатом физико-математических наук и работал в должности доцента ГАИШа, хотя еще при защите кандидатской диссертации в 40-х годах оппонентами высказывалось предложение оценить его диссертацию по методу хронометрических инвариантов как докторскую. Для этого необходимо было приложить незначительные усилия, но он этого делать не стал и довольствовался должностью доцента. Когда мы его спрашивали, почему он не защищает докторскую диссертацию, он говорил, что его вполне устраивает эта ситуация: никто его особо не беспокоит с просьбами давать отзывы и рецензии, поскольку он всего лишь кандидат наук.

Зельманов, явно, занимал должность ниже своего научного веса. При этом он гордился тем, что является одним из тех немногих, кто может спокойно позвонить и поговорить по телефону с любым отечественным физиком. При этом Зельманов необычайно щепетильно подчеркивал свое место среди коллег в научной иерархии. В частности, когда мы вместе с ним и Фоком поднимались по лестнице, Зельманов тщательно следил за тем, чтобы всегда оставаться на две ступеньки ниже академика В. А. Фока. Так же он держал себя в разговорах с вышестоящими по званию.

Пережив очень беспокойные годы, когда репрессировали наиболее видных представителей всех сфер нашей жизни, он, видимо, полагал, что «молния бьет по наиболее высоким деревьям», поэтому особо выдвигаться не стоит. О том, что он был чрезвычайно осторожным человеком, я мог убедиться неоднократно. Помню, на экскурсии во время зарубежной гра-

<sup>13</sup> В частности, увлечение происхождением тех или иных терминов привело к тому, что он заинтересовался проблемой истоков русскогомата.



А. Л. Зельманов и Ю. С. Владимиров

витационной конференции к нам подошел некий человек и протянул ему какую-то листовку. Зельманов страшно побледнел и отпрянул от него, как от прокаженного. Он знал, что среди советских делегатов всегда присутствовали представители из органов, следившие за нами.

Иногда дело доходило до курьезов. На конференции в Варшаве во время экскурсии участникам предложили клубнику со сливками, но Зельманов к ней не притронулся, опасаясь, что потом за это придется платить. (Замечу, что во время заграничных командировок мы располагали чрезвычайно ограниченными денежными средствами.) Другой раз, это уже было в Лондоне, во время приема на столах стояли бутылочки с индийской тонизирующей водой. Зельманов заинтересовался ими, но никак не решился попробовать. Попросил одного коллегу сказать, какова она на вкус? Коллега, отведав воду, сказал: «Вкус лошадиной мочи!» На это Зельманов недовольно заявил: «Знаете, это мне ни о чем не говорит. Я лошадиную мочу не пробовал!»

У Зельманова был ряд учеников: И. Д. Новиков, Л. П. Грищук, Ф. Полищук, В. Д. Захаров, С. Л. Галкин, Л. Б. Григорьева (ныне Борисова) и некоторые другие. Примечательно, что подготовленные ими для публикации статьи подолгу лежали без движения, неохотно допускались к защите докторские исследования. В результате им приходилось переходить к другому научному руководителю, чаще всего к Я. Б. Зельдовичу. Судя по всему, он считал, что кандидату не стоит поддерживать докторскую защиту своих учеников. Некрасивая, на мой взгляд, история произошла с намечавшейся защитой В. Д. Захарова: готовая докторская диссертация по проблеме гравитационных волн так и не была доведена до защиты.

В 60-е годы Зельманов уже развелся с женой и жил со своими престарелыми родителями. Бросалось в глаза его нежное, сыновнее к ним отно-

шение. После смерти отца, которую Абрам Леонидович очень переживал, он казался совершенно разбитым, беспомощным человеком. Занимаясь организацией похорон, мы с ним ездили на Востряковское кладбище, чтобы договориться о месте в его еврейской части. Помню, как во время переговоров работники подозрительно косились на меня, поскольку я несколько не был похож на еврея и, видимо, этим их смущал. Приходилось деликатно отходить в сторонку. После похорон отца Зельманов до конца своих дней регулярно ездил на его могилу.

### 6.3. Профессор М. Ф. Широков

Профессор Михаил Федорович Широков (1901–1982) был профессиональным физиком-гравитационистом, воспитанным на классических геометрических традициях, которые он перенял сначала от А. А. Фридмана, а затем — от Я. И. Френкеля. С середины 40-х годов и до конца 50-х он читал лекции по классической теории гравитации на физическом факультете МГУ, однако здесь он работал как почасовик, а основным местом его трудовой деятельности был Московский авиационный институт. У него были твердые убеждения о природе гравитации как науки о «форме существования материи», и он много сделал для защиты общей теории относительности от нападков со стороны приверженцев марксистско-ленинского диалектического материализма. Однако какой-либо глубокой оригинальной идеи фундаментального характера я у него не заметил.

В конце 60-х, самом начале 70-х годов Широков вынашивал идеи о принципиально новых гравитационных экспериментах. Видимо, здесь сказывалась обстановка авиационного института. Сделанная им попытка предсказать новый общерелятивистский эффект стала для меня своего рода этическим назиданием и поводом для серьезных размышлений.



Профессор М. Ф. Широков.  
(Фото автора)

Суть официальной заявки Широкова на новое открытие состояла в следующем. Если в искусственном спутнике Земли, движущемся без сноса, т. е. с коррекцией от всех возможных воздействий, включая сопротивление среды и солнечный ветер, в центре поместить шарик, висящий в невесомости, и его слегка отклонить от геометрического центра спутника, то в процессе движения можно будет обнаружить два типа его колебаний относительно центра: в радиальном и перпендикулярном к плоскости орбиты спутника направлениях. Было показано, что эти колебания будут происходить с разными частотами,

причем разность этих частот имеет общерелятивистский характер. Михаил Федорович в своей заявке настаивал на том, что это принципиально новый, — третий общерелятивистский эффект, — если первыми двумя считать эффект отклонения лучей, проходящих вблизи Солнца, и эффект смещения перигелия Меркурия.

Поскольку предложенный эффект имел общерелятивистский характер, то заявка была отправлена на экспертизу в центр отечественной гравитации, т. е. на кафедру теоретической физики физфака МГУ. По поручению заведующего кафедрой мне пришлось подробно разбираться в вычислениях Михаила Федоровича, выполненных на основе уравнений девиаций (отклонений) геодезических. Пересчитав их, я убедился, что в выкладках Широкова ошибок нет. Его результаты правильны.

Однако этого было мало. Необходимо было осмыслить суть предполагаемого эффекта и понять, почему эта возможность не была замечена ранее. Пригодился монадный метод задания систем отсчета в хронометрической калибровке, освоенный еще на преддипломной практике у А. Л. Зельманова. Дело в том, что любые выкладки в общей теории относительности обычно получаются в координатном виде, т. е. зависящем от выбора координатной системы. Для того чтобы довести результат до наблюдаемых значений, необходимо пересчитать его в систему отсчета наблюдателя, что я фактически и сделал.

В итоге удалось расшифровать суть предложенного эффекта. Оказалось, что период колебаний шарика в направлении, перпендикулярном плоскости орбиты, совпадает с периодом обращения спутника по орбите, так что этот вид колебаний объясняется небольшим смещением по углу круговых орбит самого спутника и шарика, а второй период соответствует периоду движения тела по эллиптической орбите, отличающейся от круговой. Это отличие имеет тот же характер, что и для эллиптической орбиты Меркурия и проявляется в виде общерелятивистского смещения перигелия Меркурия. Таким образом, в заявке на открытие Широкова речь шла не о принципиально новом эффекте общей теории относительности, а о проявлении уже известного эффекта смещения перигелия Меркурия в других условиях, т. е. перигея шарика на околоземной орбите.

Передо мной встала деликатная задача: как поступить в сложившейся ситуации? Поскольку Михаил Федорович был одним из моих учителей, я не хотел поставить его в неловкое положение. Я решил посоветоваться с Д. Д. Иваненко, но его не беспокоили мои терзания совести. Наоборот, это только могло возвысить его гравитационную группу в глазах общест-венности. В итоге я написал стандартное заключение.

Для обсуждения подготовленного заключения на заседание кафедры пригласили и Михаила Федоровича. Сначала ему дали слово, и он изложил суть своего открытия и свою интерпретацию полученных результатов. Далее мне предложили зачитать и обосновать подготовленное заключение. Я сказал, что проделанные Михаилом Федоровичем выкладки совершенно верны, однако я не могу согласиться с данной им интерпретацией

результатов вычислений. Когда он услышал про аналогию с перигелием Меркурия, он изменился в лице, схватил авторучку и спешно на листочке бумаги стал пересчитывать. Воцарилась напряженная тишина. Присутствовавший на обсуждении профессор И. М. Тернов попробовал смягчить ситуацию, высказав предположение, что аналогия верна лишь в неком приближении, а в следующих приближениях все-таки есть новый эффект. Но Михаил Федорович продолжал молча считать и через некоторое время, видимо, завершив оценки, согласился с моим заключением.

Этот инцидент не поколебал наши хорошие отношения с Михаилом Федоровичем. Он был честным исследователем и, как я уверен, ни за что бы не согласился на ложную оценку<sup>14</sup>. И все же эта история послужила мне уроком в двух отношениях. Во-первых, она лишний раз показала важность методов задания систем отсчета при рассмотрении эффектов в общей теории относительности: Михаил Федорович не владел этими методами, что проявилось и в прочитанных нам лекциях. Во-вторых, перед нами встал вопрос: можно ли считать новым ранее известный эффект, проявляющийся в совершенно иных условиях? Заметим, что, например, в медицине обыкновенный столик, но с двумя ножками короче других уже называется столиком какого-нибудь Брауна, а столик с тремя ножками — столом Либшера и т. д. В итоге раздумий и дискуссий мы в своих работах все-таки решили называть данное явление эффектом Широкова (старый эффект, но в иных обстоятельствах).

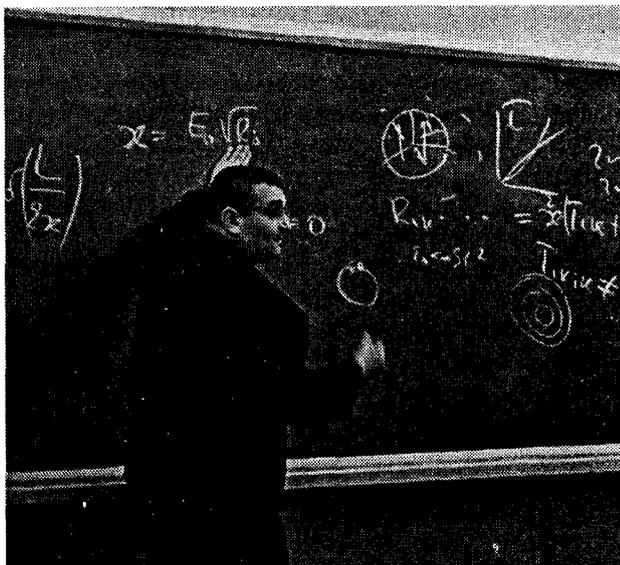
## 6.4. Кирилл Петрович и его команда

Одним из наиболее активных членов президиума секции гравитации был доктор технических наук профессор Кирилл Петрович Станюкович (1916–1989). Он был настроен на приложение высоких сфер фундаментальной теоретической физики, в данном случае теории гравитации, к конкретным практическим задачам. Он вошел в фундаментальную физику из прикладной физики. В прошлой своей деятельности он достиг впечатляющих результатов в области магнитной газо- и гидродинамики, точнее, в теории взрывов и истечения газов из сопла реактивных двигателей. На этих работах он приобрел большой авторитет у представителей военно-промышленного комплекса, что позволило ему длительный период заниматься гравитацией не только самому, но и содержать самую большую в стране гравитационную группу.

### 6.4.1. Идеи профессора К. П. Станюковича

На моих глазах в 60–80-е годы Кирилл Петрович совершил многоступенчатую эволюцию от магнитной газо- и гидродинамики к теории гравитации.

<sup>14</sup> Много позже, уже в 1976 году, М. Ф. Широков был назначен ВАКом черным оппонентом по моей докторской диссертации, которая не касалась проблемы квантования гравитации, и он дал на нее положительный отзыв.



Профессор К. П. Станюкович выступает перед студентами физфака МГУ. (Фото автора)

Первый этап деятельности К. П. Станюковича в области теории гравитации в идейном плане соответствовал представлениям о природе гравитационных взаимодействий времен М. В. Ломоносова. Частицы мыслились в плоском пространстве. Каждая из них испускала поток гравитонов и их поглощала. Гравитационное притяжение двух частиц объяснялось реактивным эффектом отбрасываемых в противоположные стороны гравитонов. Труды так называемых «изобретателей» с подобной идеей мне не раз попадались, однако Кирилл Петрович существенно отличался от них высокой математической культурой. Это позволяло ему облечь данную идею в такую солидную математическую форму, что его статьи публиковались в журналах. Феномен К. П. Станюковича лишний раз убеждает в том, что при соответствующей математической культуре любую, даже бредовую, идею можно подать как «конфетку». Недаром в заключительных частях некоторых опусов «изобретателей» содержались просьбы переработать изложенные ими идеи на языке современной математики.

Через некоторое время Кирилл Петрович отошел от этой проблематики, повторив в своей эволюции историю развития физических представлений.

Мысль о том, что пространство между телами наполнено некими частицами, на современном языке соответствовала понятию вакуума, бурлящего виртуальными частицами (гравитонами). Отсюда возникло следующее его увлечение вакуумом и задачей извлечения из него энергии. По сути дела эта идея соответствовала переходу человечества от представлений времен Ломоносова к идеям мирового эфира конца XIX века. Несмотря

на все наукообразие многочисленных современных работ по физическому вакууму, они в своей сути представляют рецидив представлений о мировом эфире, только в современной математической обработке и с новым понятийным аппаратом. Несколько изменились и функции мирового эфира: вместо носителя и передаточного звена взаимодействий он стал носителем всех полей со всеми их атрибутами, включая флуктуации и огромные запасы энергии. Так Кирилл Петрович сделал следующий шаг по ступеньке мировой истории к идеям современной физики.

К. П. Станюкович был уверен, что стоит только как следует поработать, найти подходящие решения системы полевых уравнений и проблема будет решена. Этой идеей он увлек не только некоторых учеников, но и высшее начальство в Комитете Стандартов СССР. Они, зная его как авторитетного ученого, были заморожены возможностью черпать энергию из неисчерпаемого источника под названием «физический вакуум». Решение этой проблемы означало бы техническую революцию мирового масштаба. Человечество приобрело бы невероятные источники энергии. В Комитете стандартов ему выделили деньги, штаты, помещение и стали ждать.

Кирилл Петрович набрал штат сотрудников из 40–50 человек, как теоретиков, так и экспериментаторов, и приступил к бурной деятельности. Так была сформирована самая мощная гравитационная группа в стране.

Следующий шаг в эволюции взглядов Станюковича соответствовал теоретической физике первой трети XX века, когда уже была создана общая теория относительности и наш великий соотечественник А. А. Фридман открыл однородные изотропные космологические модели. Кириллом Петровичем был поставлен вопрос: почему эти решения нужно применять только ко Вселенной в целом? Он предложил применить эти решения для описания отдельных элементарных частиц. Вспомним, как у В. Брюсова говорится:

Быть может, эти электроны —  
Миры, где пять материков,  
Искусства, знания, войны, троны  
И память сорока веков!

Еще, быть может, каждый атом —  
Вселенная, где сто планет:  
Там все, что здесь, в объеме сжатом,  
Но также то, чего здесь нет.

В увлеченности этой проблемой К. П. Станюкович оказался не одинок. Таких же взглядов придерживался и академик М. А. Марков. Они разошлись только в технических вопросах и в том, как назвать подобную гравитационную модель частиц. В литературе использовались разные названия: фридмоны, планкеоны, максимоны и другие.

Для меня лично всегда оставалось загадкой, как подобные замкнутые образования могут вписываться в реальное физическое пространство-время. Если они замкнуты, то как они проявляются. Мне отвечали, что

фридмоны полузамкнуты, но никто не мог вразумительно ответить, что это означает строго математически. Как мне представлялось, природа вряд ли повторяется в выборе моделей для всего мира и для отдельных электронов. Для частиц я склонен был искать качественно иные способы описания.

Следующий этап деятельности К. П. Станюковича был связан со скалярно-тензорной теорией гравитации. Возникнув в 40-х годах в работах Йордана, Бранса и Дикке, она восходила к 5-мерным теориям типа Т. Калуцы и О. Клейна, когда 15-я (скалярная) компонента  $G_{55}$  5-мерной метрики фактически отрывается от геометрии и ей придается самостоятельный статус в 4-мерном пространстве-времени. А это уже своеобразное обобщение эйнштейновской теории гравитации. Возможно, Кирилл Петрович уверовал в эту теорию потому, что в ней предсказывалась переменность гравитационной постоянной, что ему импонировало. Но как бы то ни было он начал решать уравнения в рамках этой теории, сделав упор на волновые решения для скалярного поля. В это же время широко обсуждался вопрос о гравитационных волнах, и тут Кирилл Петрович громко заявил, что весь мир не понимает, что гравитационные волны имеют не тензорный, а скалярный характер.

Посадив своих экспериментаторов за разработку детекторов скалярных гравитационных волн, он развил бурную деятельность, получил необходимые средства, и через некоторое время была сделана некая установка в подполье, «принимающая» скалярное гравитационное излучение. Они стали называть даты регистрации сигналов, и тут вдруг им предложили замолчать и засекретили. Оказалось, что их установка фиксировала ядерные испытания и землетрясения. Вместо детектора скалярных гравитационных волн они создали чувствительный гравиметр.

179

#### 6.4.2. Команда Кирилла Петровича

Под руководством профессора К. П. Станюковича практически работал целый гравитационный институт с несколькими отделами, включая теоретический и экспериментальный, был у него и коллектив, издающий сборник «Проблемы теории гравитации и элементарных частиц». В свою группу Кирилл Петрович набрал молодежь — воспитанников разных научных коллективов, среди которых были ученики академика Н. Н. Боголюбова (В. Н. Мельников), профессора Д. Д. Иваненко (В. С. Брежнев), несколько учеников от А. Л. Зельманова (В. Д. Захаров, Р. Ф. Полищук) и др. Получился довольно пестрый коллектив, управлять которым было непросто. Все усугублялось тем, что работы имели поисковый характер, а в группе не выработалась одна большая идея, и не сложилось одно большое дело, увлекающее весь коллектив. Более того, некоторые молодые люди были слишком активными не только в научном плане, были и любители выпить, а значит случались конфликтные ситуации.

Управлять таким беспокойным хозяйством было довольно хлопотно. Кириллу Петровичу приходилось участвовать в разборках, кого-то отчитывать, грозить увольнением. Но свои угрозы Кирилл Петрович никогда

не осуществлял. Несмотря на свой шумный характер, он был чрезвычайно добрым человеком. Уволить сотрудника и оставить его на улице он не мог.

Нельзя забывать, что, оставаясь руководителем такого непростого коллектива, Кирилл Петрович был активно действующим ученым. Совмещать напряженную научную работу с организаторской очень трудно, и он мечтал найти себе хорошего заместителя по административной части. Несколько раз я от него слышал такие слова: «Самое хорошее — работать под началом толкового руководителя.» Он предпринял несколько попыток. Так, однажды он взял к себе на руководящую должность выпускника МГУ из группы Д. Д. Иваненко, молодого кандидата наук Владимира Семеновича Брежнева, однофамильца руководителя государства. Он производил приятное впечатление, но главное состояло в том, что, как надеялся Станюкович, человеку с такой фамилией проще общаться с высокими чиновниками. Тем более что Владимир Семенович похвалялся, что может проследить родственные связи с генсеком.

Но случилось неожиданное. Как известно, человек бывает одним, являясь рядовым сотрудником, и совершенно другим, став начальником. Именно такое превращение случилось и с Володей Брежневым. Получив руководящую должность, он преобразился, стал важным, малодоступным. Он явно не отдавал себе отчета в характере поставленной перед ним задачи и, войдя в руководящую структуру, стал выполнять все распоряжения и указания именно руководства института, причем буквально. А институт был режимный, что предполагало дисциплину и выполнение массы формальностей. Дело дошло до того, что он начал вводить в гравитационном отделе жесткие порядки, нормировать сроки пребывания сотрудников на работе, попытался даже посадить на табель самого Кирилла Петровича. Все взвыли. Но что делать? В тех условиях легко было принять сотрудника и даже сделать его начальником, но уволить — чрезвычайно трудно. Огромных трудов стоило Кириллу Петровичу добиться смещения Владимира Семеновича с руководящей должности. Потом этот брежневский период все сотрудники отдела вспоминали как дурной сон.

Спустя несколько лет К. П. Станюкович нашел себе достойного начальника. Им стал доктор физ.-мат. наук Вадим Петрович Шелест, до этого исполнявший обязанности директора Института теоретической физики АН УССР в Киеве. А Володя Брежнев вскоре уволился из института и опять стал прекрасным компанейским парнем.

Начальство с большим трудом терпело в своем институте отдел с такими вольностями, да и характер был у Кирилла Петровича взрывной. Возникавшие конфликты и крупные ссоры заканчивались тем, что Кирилл Петрович вместе со своим отделом переходил из одного института Комитета стандартов в другой, перебивал, причем по нескольку раз, во ВНИИФТРИ, ВНИИОФИ, ВНИИМСе и ВНИЦПВ. Причем практически в каждом из них после его ухода образовывался новый гравитационный отдел под руководством какого-нибудь другого гравитациониста. В этой роли побывали профессор В. И. Родичев и ставшая впоследствии докто-

ром физ.-мат. наук Н. П. Коноплева (невестка Д. Д. Иваненко). Видимо, начальство так было зачаровано внушенными Станюковичем перспективами извлечения энергии из вакуума, что не желало обрывать связи со столь перспективной гравитационной тематикой.

Кирилл Петрович был разносторонне одаренной личностью: писал стихи и очень любил сочинять их экспромтом. Зная это, профессор Н. В. Мицкевич к его 50-летию написал стихотворение, в котором попытался раскрыть его характер и увлеченность наукой:

Кирилл Петрович, Вы большой ученый,  
Вы взрывчатой энергией полны,  
И труд Ваш, этим сферам посвященный,  
Признали все умы родной страны.

Под взглядом Вашим рвутся планкеоны,  
Константы Вам послушны до одной,  
И тяготенья новые законы  
Ударной разрастаются волной!

И в МГУ, и в Госстандарте свойский,  
Вы в секции для нас — родной вполне;  
Перед своим в поход готовым войском  
Всегда Кирилл Петрович — на коне!

Гремя огнем, сверкая блеском квантов,  
Врезая планкеоновый планктон,  
Кто больше всех наделал диссертантов?  
Кирилл Петрович — ну, конечно, он!

Так призовем во славу юбилея  
Релятивистов в яростный поход!  
Творите и живите, не болея,  
Счастливей и бодрей из года в год!

181

## 6.5. Профессор Я. П. Терлецкий

Профессор Яков Петрович Терлецкий (1912–1993), строго говоря, физиком-гравитационистом не был. В сферу его научных интересов входили вопросы интерпретации квантовой механики, статистики и термодинамики. В частности, он написал неплохой университетский учебник по термодинамике. Выступая против коненгагенской интерпретации квантовой механики, он пытался построить иную интерпретацию на основе скрытых параметров и даже нашел в этом вопросе сторонников в лице французских теоретиков: Ж. Вижье, Д. Д. Бома и других. Однако, как известно, его надежды не оправдались. В этом вопросе Терлецкий оказался в стороне от основной линии развития теоретической физики.

Я. П. Терлецкий в своих исследованиях исходил из понимания частиц как неких сгустков поля, поэтому и он сам, а также его ученики



Профессор Я. П. Терлецкий (1966 г.). (Фото автора)

и аспиранты занимались поиском частицеподобных решений в электродинамике. Однако следует заметить, что Яков Петрович в этом вопросе был не оригинален. Эту идею пытались развивать многие авторы.

По-видимому, из той статистической идеи о скрытых параметрах зародилась мысль о возможности отрицательных температур, может быть, как одна из попыток объяснить квантовую теорию. Затем этот ход мысли превратился в метод научного поиска. Температуры по шкале Кельвина могут быть, как известно, только положительными, но Яков Петрович предлагал ввести отрицательные температуры. Очевидно, что массы частиц бывают только положительными, однако, Яков Петрович призывал рассматривать частицы с отрицательными массами (антиматерия). Из специальной теории относительности следует, что не может быть скоростей больше скорости света, но Яков Петрович рассматривал тахионы, гипотетические частицы, движущиеся со сверхсветовыми скоростями и т. д.

Только после его кончины стало известно, что Яков Петрович был сотрудником КГБ и, видимо, по совместительству должен был приглядывать за деятельностью нашего гравитационного сообщества, да и не только нашего, но и мирового. В те годы коллеги полушепотом говорили о том, что Я. П. Терлецкий был агентом КГБ, да и не только он. Помню банкет в Цахкадзоре во время Ереванской гравитационной конференции в 1972 году. На нем был академик А. Д. Сахаров с женой Еленой Боннер. (Они тогда уже числились видными диссидентами.) Начались танцы. Все подвыпили, но когда один из нас хотел пригласить Е. Боннер на танец, С. Л. Галкин заметил: «Ты можешь это сделать, но учти, недалеко сидит Яков Петрович. Он достанет свой блокнотик и что-то запишет». Примечательно, что многим из нас было трудно выехать за границу, а Яков Петрович без каких либо проблем неизменно оказывался в делегациях советских ученых на зарубежных конференциях. Но официальные сведения о его работе в органах стали достоянием гласности лишь в 90-е годы.

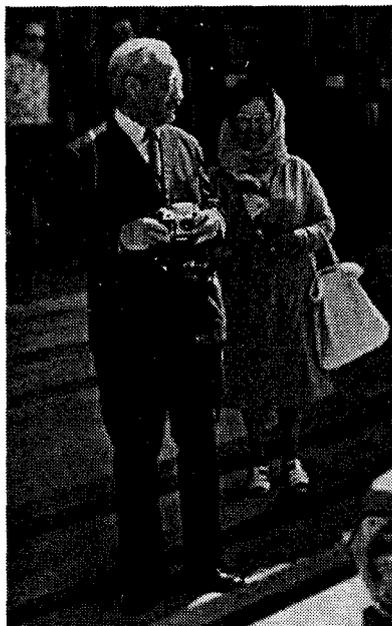
А в 1971 году во время проведения 6-й международной гравитационной конференции в Копенгагене меня поселили в гостинице в одной комнате с Яковом Петровичем. Не знаю, почему так случилось: то ли это было случайностью, то ли меня кто-то посчитал недостаточно благонадежным или наоборот. Но иностранцы-то знали, что Терлецкий в свое время ездил с миссией советской разведки в Копенгаген «для допроса Нильса Бора». Узнав, что я проживаю вместе с мэтром советской разведки<sup>15</sup>, некоторые из иностранных участников конференции смотрели на меня с явным подозрением.

Когда в 1960 году был образован Университет дружбы народов (УДН) имени Патриса Лумумбы, Яков Петрович стал работать и там. Видимо, в университете, предназначавшемся для подготовки интеллектуальной элиты из развивающихся стран, нужен был именно такой ученый. На физическом же факультете МГУ при декане В. С. Фурсове к нему относились неважно. Был даже разработан сценарий вытеснения Терлецкого из МГУ в Университет дружбы народов, который был разыгран как по нотам. В итоге Терлецкий ушел из МГУ и до конца своих дней был заведующим кафедрой теоретической физики в УДНе.

Другой сценарий, по которому мэтр советской разведки попал в иные «сети», был разыгран значительно раньше, еще в 40-е годы. Профессор Игорь Михайлович Тернов, учившийся тогда на физфаке МГУ, вернувшись с фронта, вспоминал, как шутники женили Якова Петровича на Марго Зигановне, выпускнице физфака МГУ. Яков Петрович был тогда молодым интересным преподавателем, и его озорные коллеги, шутки ради, заключили пари, что смогут их поженить. Марго Зигановне они стали говорить: «Посмотри, как Яков Петрович краснеет и теряется в твоём присутствии, обрати внимание, с какой любовью в глазах он смотрит на тебя». А Якову Петровичу внушали, что Марго Зигановна в нём души не чаёт, млеет и смущается при его появлении. В итоге пари было выиграно: молодые люди, не обращавшие внимания друг на друга до того времени, вскоре поженились. В течение всей совместной жизни Марго Зигановна похлеще КГБ ревностно следила за тем, чтобы её Яков Петрович, не дай Бог, не засмотрелся на какую-нибудь другую женщину. Дело доходило до того, что она присутствовала на его лекциях и следила, чтобы он не засматривался на симпатичных студентов.

Трудно сказать, проиграл или выиграл от этой операции Яков Петрович, однако со стороны казалось, что Марго Зигановна была заботливой женой. В беседах со знакомыми она очень хвалила своего Яшу и с придыханием приговаривала: «Мой Яша..., мой Яша лауреат всех премий, кроме Нобелевской!»

<sup>15</sup> Конечно, ни о каких деликатных вопросах у нас разговоров с ним не было, разве что он поделился сообщенной ему французскими коллегами информацией о зланных местах в Копенгагене. Французы ему посоветовали их посмотреть, чтобы убедиться, насколько Франция целомудренна по сравнению с Данией. На следующий день почти вся советская делегация дружно отправилась по указанному адресу.



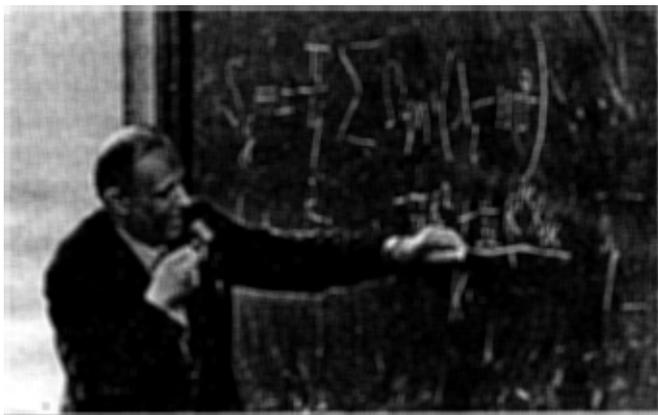
Профессор Я. П. Терлецкий  
с супругой. (Фото автора)

Но Игорь Михайлович как-то поведал еще об одном обстоятельстве их семейной жизни: Марго Зигановна была слишком, скажем так, экономной хозяйкой и ежедневно выдавала Якову Петровичу ровно столько денег, сколько могло хватить на довольно скромный обед. Дело доходило до курьезов. Во время гравитационной конференции в Тбилиси Марго Зигановна позвонила профессору А. А. Соколову и спросила, сколько стоит в Тбилиси пообедать. Соколов по простоте душевной ей ответил, что обед стоит рубль. «Здесь все стоит один рубль», — добавил Арсений Александрович. Через пятнадцать минут к нему прибежал взволнованный Яков Петрович: «Что Вы наделали, Арсений Александрович? Зачем сказали Марго Зигановне, что обед стоит всего один рубль? Теперь она требует, чтобы я по возвращении отдал ей все оставшиеся деньги!»

## 6.6. А. Д. Сахаров и другие академики в гравитации

Конечно, в Москве гравитационные исследования не ограничивались названными выше группами. В 60-е годы проводились гравитационные исследования под руководством академиков М. А. Маркова и Я. Б. Зельдовича. Марков занялся вопросами квантовой гравитации, а Зельдович стал активно формировать новое направление, названное релятивистской астрофизикой. Заинтересовался гравитацией и академик А. Д. Сахаров. Помню, профессор К. П. Станюкович, глядя на начинания «вновь испеченных гравитационистов», недовольно бурчал: «Повылезали, как клопы, из почтовых ящиков и скопом устремились в гравитацию».

Впервые я увидел Андрея Дмитриевича Сахарова на семинаре Зельдовича в ГАИШе в ноябре 1967 года, где он выступал с докладом на тему «Еще одна возможность построения теории гравитации». Кроме Зельдовича, на семинаре присутствовал академик В. Л. Гинзбург. Сахаров изложил свою точку зрения на содержание общей теории относительности. В частности, он утверждал, что она основана на двух постулатах: на возможности искривлений пространства-времени, в котором тела движутся по геодезиче-



Академик А. Д. Сахаров выступает на 5-й международной гравитационной конференции в Тбилиси (1968 г.). Он одинаково хорошо писал мелом на доске как левой, так и правой рукой. (Фото автора)

ским, и на постулировании вида физического действия в виде двух частей, представляющих собой «упругость вещества» и «упругость пространства».

Далее Сахаров определил цель своего сообщения: показать, что скалярная кривизна, входящая в действие, имеет квантовую природу, а пространство представляет собой вакуум флуктуирующих полей. Энергия квантовых флуктуаций ответственна за понятие скалярной кривизны только в первом приближении теории. В следующих приближениях следует ожидать возникновение квадратичных, кубичных и более высоких степеней от тензора кривизны. Однако, как я понял, эта идеология до конца не была развита, а рассуждения в значительной мере строились на полукачественном (интуитивном) уровне.

В дискуссиях по докладу Сахарова выступили Я. Б. Зельдович и В. Л. Гинзбург. В частности, Зельдович провел аналогию рассуждений Сахарова по поводу гравитации со случаем электромагнитного поля. Оба академика поддержали идею докладчика.

Из прослушанного выступления и последующей дискуссии у меня сложилось впечатление, что Андрей Дмитриевич был простым, непосредственным человеком, не обладающим ораторскими способностями. Чувствовалось отсутствие опыта преподавательской деятельности и публичных выступлений. А еще мне бросилась в глаза некоторая несамостоятельность: в его ответы на вопросы постоянно вмешивался Зельдович, который либо помогал отвечать Сахарову, либо даже сам отвечал за него, формулируя его точку зрения, при этом спрашивая, так ли он думает. Сахаров, как правило, кивал головой, подтверждая слова Зельдовича. Конечно, это могло объясняться тем, что они много совместно работали, дискутировали, и более опытный в выступлениях Зельдович выручал своего коллегу. Уже потом, когда я был много наслышан о политических

взглядах и деятельности Сахарова, мне долгое время казалось, что его действиями руководит кто-то из его окружения, прикрываясь его именем.

Резкий скачок политической активности Сахарова произошел в неспокойном 1968 году, в частности, после известных событий в Чехословакии. По западным радиоголосам зачитывали его заявления. Некоторые его идеи вызвали бесспорное одобрение, но были среди них и такие, которые казались слишком наивными, например, его предложение о поэтапном создании мирового правительства.

В октябре 1968 года А. Д. Сахаров присутствовал на 5-й Международной гравитационной конференции в Тбилиси, где выступил с пленарным докладом, в котором повторил изложенные выше соображения о квантовой обусловленности кривизны риманова пространства. Доклад вызвал большой интерес участников, и уже по возвращению в Москву Иваненко на своем семинаре одобрительно отозвался о нем.

Потом мы видели Андрея Дмитриевича в 1972 году на 3-й Советской гравитационной конференции в Ереване (в Цахкадзоре), где он уже не выступал и лишь временами заходил на секцию квантования гравитации, чтобы послушать других участников. Но сидел он там недолго и уходил купаться в плавательный бассейн. По всему было видно, что он здесь совмещает отдых с довольно пассивным участием в работе конференции.

Гравитационная тематика присутствовала и в группе Ландау. Известен результат, полученный Е. М. Лифшицем, И. М. Халатниковым и А. Г. Белинским, показавшими, что все космологические решения уравнений Эйнштейна обязательно должны содержать сингулярность в «начальный», но иногда также и в «конечный» момент времени.

По сложившейся со времен Ландау традиции, контакты Иваненко с представителями этой группы были, мягко выражаясь, затруднены. Я был свидетелем одной встречи Иваненко с Халатниковым, одним из ведущих представителей школы Ландау. Иваненко попросил меня сопровождать его, видимо, для придания себе большего веса. Насколько я помню, речь должна была идти о вопросах организации 5-й Международной гравитационной конференции (но ни в коем случае не о науке). Назначив беседу в ГАИШе, Д. Д. Иваненко встретил И. М. Халатникова как хозяин и повел его прямо в кабинет директора. Когда на пути встала секретарша, он ее отстранил жестом, не допускающим возражений, распахнул дверь кабинета и пригласил Халатникова войти. В кабинете Иваненко расселся в кресле директора как у себя дома. Я себя чувствовал не в своей тарелке. Даже довольно самоуверенный Халатников и тот как-то стушевался в шикарном кабинете. А тут еще во время разговора вдруг появился сам хозяин — директор ГАИШа, профессор Д. Я. Мартынов. Я совсем было растерялся, а Иваненко и глазом не моргнув, лишь, полуобернувшись к Мартынову, небрежно бросил: «Мы тут, с Вашего позволения, немного побеседуем». Не дождавшись ответа, Иваненко продолжил разговор, как ни в чем не бывало. Мартынов что-то проямлил и поторопился оставить кабинет.



Проф. В. Б. Брагинский и проф. И. М. Халатников. (Фото автора)

В 70-х годах академические круги создали, в противовес вузовской, съезу академическую гравитационную комиссию, однако она, на мой взгляд, так и не приобрела должного веса, т. е. ничего сравнимого по значению с нашей секцией гравитации при НТС Минвуза СССР, из этой затеи не получилось.

## 6.7. Профессор А. З. Петров

187

Профессор Алексей Зиновьевич Петров (1910–1972) с 1962 по 1972 год был председателем сначала гравитационной комиссии, а затем секции гравитации НТС Минвуза СССР, поэтому его взгляды на содержание общей теории относительности и ее обобщения оказывали существенное воздействие на развитие отечественных исследований в данной области. Петров был до самозабвения преданным науке человеком, выдающимся геометром, воспитанным на богатых традициях казанской школы. В процессе своей деятельности он эволюционировал от чистой геометрии сначала к общей теории относительности, затем попытался идти еще дальше в физику вплоть до организации экспериментов по обнаружению гравитационного излучения.

### 6.7.1. Научные взгляды А. З. Петрова

А. З. Петров, разделяя позицию В. А. Фока в понимании сущности общей теории относительности, также не считал, что в ее основе лежат принципы эквивалентности и общей ковариантности. Он подчеркивал, что, исходя из этих принципов нельзя дедуктивным образом вывести общую теорию относительности. В связи с этим он писал: «На современном уровне исследования этого вопроса можно утверждать, что для построения теории тягстения Эйнштейна, как дедуктивной теории, нужно исходить из следующих основных аксиом (или принципов):

- 1) аксиомы размерности пространственно-временного континуума:  $n = 4$ ;



Профессор А. З. Петров (второй слева)  
на семинаре Д. Д. Иваненко в МГУ (1964 г.). (Фото автора)

- 2) утверждения, что пространственно-временной континуум есть риманово многообразии;
- 3) утверждения, что поле гравитации и пространственно-временной континуум совпадают (идентификация поля и пространства-времени);
- 4) вида уравнений поля гравитации;
- 5) принципа геодезических линий и т. д.»<sup>16</sup>.

Главным научным результатом Петрова является построение алгебраической классификации пространств Эйнштейна, т. е. фактически разделение всех решений уравнений Эйнштейна по трем алгебраическим типам, каждый из которых, в свою очередь, делится на подтипы. Всего имеется 6 подтипов пространств Эйнштейна. В общем виде для классификации римановых пространств этот результат был получен Норденом, но Петров его переработал на случай решений уравнений Эйнштейна. Произведя классификацию, Алексей Зиновьевич в духе тенденций, заложенных еще Н. И. Лобачевским, задался мыслью выяснить ее физический смысл.

В то время актуальной считалась проблема гравитационных волн. Было и остается до сих пор много неясностей в теоретическом определении гравитационной волны. Шел поиск критерия волнового характера решений уравнений Эйнштейна. Петров, а за ним и многие другие физики-гравитационисты пытались связать понятие гравитационной волны с принадлежностью решения (пространства Эйнштейна) к одному из алгебраических подтипов Петрова. Главными кандидатами на волновой характер были решения подтипов N и III. В 60–70-х годах во всем мире

<sup>16</sup> Петров А. З. Гравитация и пространство-время // Пространство. Время. Движение. М.: Наука, 1971. С. 178.

было выполнено большое число работ по этой тематике, было предложено значительное число алгебраических критериев гравитационных волн<sup>17</sup>.

Известно, насколько сложны уравнения Эйнштейна. Не существует общего метода нахождения их решений: каждое из них находится с помощью каких-то своих ухищрений. Алгебраическая классификация Петрова помогла находить некоторые специальные классы решений этих уравнений.

Известный английский физик-гравитационист Р. Пенроуз широко использовал в свои исследованиях классификацию пространств Эйнштейна, разработанную Петровым, и даже предложил ее наглядную иллюстрацию в виде диаграммы, которая носит его имя. Работы Петрова получили мировую известность. Его приглашали на главные мировые гравитационные форумы<sup>18</sup>.

Петров не ограничился одной алгебраической классификацией, развивая в своих книгах «Пространства Эйнштейна» и «Новые методы в общей теории относительности» и другие методы классификации: по группам движения, по конформным или геодезическим соответствиям.

У Петрова, по рассказам его учеников, была неодолимая уверенность в том, что в основе всего лежит математика и что, изощрившись, с ее помощью можно решить любую физическую проблему. Опираясь на свои математические знания и богатый опыт, он пытался, во-первых, переосмыслить содержание общей теории относительности, исходя из смутной идеи (праидеи) о плоском пространстве-времени и о движении частиц по неким траекториям, которые мы только представляем себе как геодезические в римановом пространстве-времени. А во-вторых, — как-то смоделировать (с помощью геодезического отображения) искривленное пространство-время на фоне пространства Минковского.

Как рассказывали сотрудники и родные, последние 2–3 года Алексей Зиновьевич интенсивно разрабатывал свою идею, практически не вставая из-за стола, и, уже будучи смертельно больным, трудился, как говорится, до последней минуты. Его идеи в этой области так и остались незавершенными.

Остановимся на отношении А. З. Петрова к построению единых и обобщенных теорий поля и гравитации. С одной стороны, он признавал их важность. Так, в одной из своих статей, говоря о неудачных попытках построить эти теории, он задается вопросом: «Можно ли отсюда сделать вывод, что идеи *единой*, или *общей*, теории поля вообще несостоятельны?» И сам же на него отвечает: «Ни в коем случае! Наоборот, вся история развития физики подсказывает, что она идет по пути нахождения все более глубоких закономерностей, устанавливает связи между понятиями

<sup>17</sup> В конце концов, мировая гравитационная общественность убедилась в том, что для определения гравитационных волн недостаточно ограничиваться лишь алгебраическим критерием, который невозможно сформулировать даже для электромагнитных волн. Необходимо выполнение, кроме алгебраических, еще и иных волновых условий.

<sup>18</sup> Замечу, что Петров плохо знал английский язык и в зарубежных поездках ему помогали с переводами сначала Иваненко, потом Вавилов или другие коллеги.

и объектами, ранее считавшимися совершенно несвязанными... Важность решения этой проблемы трудно переоценить, так как она имеет самое непосредственное отношение к теории элементарных частиц и ко многим конкретным, пока разобренным разделам современной физики, в первую очередь к квантовой электродинамике». Далее он писал: «Однако до сих пор попытки построения единых теорий представляли собой классический пример попыток с негодными средствами. Такие теории, если они возможны, требуют более тонкого анализа существа вопроса и непрямого экспериментального исследования»<sup>19</sup>.

Но, судя по его высказываниям на семинарах и конференциях, в этом вопросе он занял позицию скептика, резко критикующего работы такого рода. Так, в представленном Петровым отчете о работе секции гравитации за 1968 год в качестве положительных тенденций отечественных исследований значится «отмирание сугубо формальных исследований типа „единых теорий“, основанных на формальных аналогиях».

Следует признать, что будучи превосходным математиком, в физике Петров не достиг столь же высокого уровня. Этим объясняется ряд досадных промахов. Так, он прооппонировал докторскую диссертацию по теоретической физике Дружина из Московского общества испытателей природы, которая оказалась слабой и не была утверждена ВАКом. Не прибавила ему лавров поддержка весьма поверхностных в физическом плане работ В. С. Кирия.

Во всех своих выступлениях и статьях Петров сетовал на недостаточность экспериментальной базы теории гравитации и призывал к развертыванию гравитационных экспериментов. В конце концов, в 1970 году, уже работая в киевском институте теоретической физики, он решил лично возглавить проведение эксперимента по обнаружению гравитационных волн на детекторе типа веберовского. По его просьбе В. Б. Брагинский помог ему обзавестись алюминиевой болванкой, подобной тем, на которых он сам производил свой эксперимент.

Отношение коллег к этой затее было не однозначным. С одной стороны, это можно было приветствовать, воспринимая как похвальное стремление крупного ученого поставить гравитационные исследования на прочную экспериментальную основу, причем не на словах, а на деле. Однако, с другой стороны, он взялся за проведение столь тонкого эксперимента, не располагая должной квалификацией в этой области. Петров набрал группу радиофизиков и других местных специалистов. Начались мучительные попытки наладить детектор гравитационных волн, которые не увенчались искомым результатом при его жизни, а затем с этой установкой долго и безуспешно мучился уже его ученик, также физик-теоретик К. А. Пирагас.

<sup>19</sup> Петров А. З. Современное состояние развития теории гравитационного поля // Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии. Киев: Наукова думка, 1965. С. 37.

### 6.7.2. Казанская гравитационная группа

Возглавляя в Казанском университете с 1960 года первую в стране (и долгое время единственную) кафедру теории относительности и гравитации, А. З. Петров подготовил плеяду талантливых учеников и последователей — физиков-гравитационистов уже нашего, — пятого, — поколения. Среди них следует назвать В. Р. Кайгородова, А. М. Анчикова, Р. Ф. Билялова, В. И. Голикова, А. В. Аминову (Гусеву), К. А. Пирагаса, Ю. Г. Игнатьева и ряд других.

Алексей Зиновьевич серьезно заботился о воспитании преемника в руководстве своей группой. Перепробовав несколько кандидатур, он возлагал в самом начале 60-х годов большие надежды на Н. В. Мицкевича, ученика Д. Д. Иваненко, который работал тогда в Самарканде. Посодействовав, по рекомендации Иваненко, его переводу в Казань, Петров почувствовал себя обескураженным, поскольку Мицкевич проработал недолго. Иваненко, как выяснилось, тоже хотел иметь Мицкевича в своей группе, и поспособствовал его переезду в Москву, где он и был им устроен на кафедру Я. П. Терлецкого в только что образованном Университете дружбы народов. Это послужило одной из первых трещин в личных отношениях между двумя руководителями секции гравитации — Петровым и Иваненко.

После Мицкевича Петров делал ставку на другого молодого энергичного физика-гравитациониста Б. Т. Вавилова, которого он брал с собой на международную гравитационную конференцию в Варшаву и в другие поездки. Но и Вавилов не оправдал ожиданий, поскольку его привлекли иные направления деятельности. В конце концов он выбрал своим преемником Казимира Антоновича Пирагаса, которого взял с собой в Киев, когда в 1970 году ему предложили возглавить отдел гравитации в Киевском институте теоретической физики (на окраине Киева в Феофании, вблизи монастыря). После отъезда Петрова некоторое время возглавлял организованную им кафедру в Казани профессор А. П. Широков (геометр), а затем — долгие годы ученик Петрова Владимир Романович Кайгородов.

Гравитационная группа Петрова в Казанском университете вела активную деятельность. На кафедре теории относительности и гравитации читался на высоком математическом уровне ряд курсов и спецкурсов. Проводились даже семинарские занятия по ряду разделов общей теории относительности, чего не было тогда ни в одном другом вузе страны. Кроме издания двух своих монографий, Петров организовал регулярный выпуск казанского сборника «Гравитация и теория относительности», который в какой-то степени выполнял роль отечественного гравитационного журнала, в котором публиковались труды гравитационистов и из других регионов страны. Более того, в Казанском университете под руководством Петрова работал гравитационный семинар, где, кроме своих, заслушивались доклады физиков-гравитационистов из других городов. Глядя на деятельность Иваненко по изданию сборников переводных работ зарубежных авторов, Петров также стал этим заниматься и под его редакцией был издан сборник «Гравитация и относительность».



На международной гравитационной конференции в Лондоне. В первых двух рядах сидят: А. З. Петров, Ю. С. Владимиров, Б. Т. Вавилов, за ними Н. В. Мицкевич, ?, И. Д. Новиков

Казалось бы, Петров, находясь в Казани, проводил активную деятельность, вполне соответствующую его должности председателя секции гравитации Минвуза СССР. Формально это было так, но в те времена реальное руководство секцией требовало пребывания в Москве, вблизи начальства, а Петров работал в Казани и за ним стоял не Московский, а Казанский университет. Кроме того, семинары Иваненко, — по теоретической физике и гравитационный, — имели общесоюзную и даже мировую известность, были признанными центральными семинарами в области теории гравитации. Как уже отмечалось, на них выступали многие ведущие зарубежные ученые, которым до Казани было доехать значительно труднее. Если в Казани был региональный гравитационный сборник, то Иваненко вместе с Соколовым контролировали общесоюзный журнал «Известия вузов (Физика)», где был выделен специальный раздел для работ по гравитации. Печататься во всесоюзном журнале было значительно престижней, чем в региональном сборнике. Что касается сборников переводных работ, то Иваненко к тому времени их сделал уже около десятка и, как говорится, успел снять все «сливки» из наиболее существенных зарубежных работ. Да и ориентироваться Петрову в зарубежной литературе было затруднительно без знания иностранных языков и без столь обширной информации, какой располагал Иваненко.

Но самое главное состояло в тематике гравитационных исследований, ведущихся в группе Петрова. В узко математическом плане они были на чрезвычайно высоком уровне, но центр тяжести мировой научной мысли в то время находился не в области математических тонкостей урав-

нений или пространств Эйнштейна, а в проблемах связи общей теории относительности с современной квантовой физикой, теорией элементарных частиц, релятивистской астрофизикой. А этими вопросами в группе Петрова не занимались. Они были далеки и от актуальных проблем физики микромира. Поэтому к деятельности казанской группы многие относились с уважением, но считали их работы узко специальными и в чем-то даже старомодными. Попытки Петрова вырваться вперед на основе гравитационного эксперимента так и не увенчались успехом. А группа Иваненко «сидела на двух стульях»: гравитационной тематике и проблемах физики микромира.

Алексей Зиновьевич отличался твердым, даже жестким характером, знал себе цену, вполне сознавая, что Иваненко его использует в качестве ширмы, осуществляя фактическое руководство секцией гравитации. На начальном этапе деятельности секции между ними поддерживались внешне нормальные отношения, и Петров неоднократно выступал в МГУ на семинарах Иваненко. Но год от года ситуация становилась все более напряженной, и к началу 70-х годов дело дошло до того, что Иваненко с Петровым могли общаться друг с другом лишь при моем посредничестве. Петров посылал мне письма примерно такого содержания: «Что Ваш ДД думает о том-то и том-то?» или «До каких пор Ваш ДД будет использовать наши заседания для выращивания своих цветов красноречия?» Иваненко, в свою очередь просил меня ответить Петрову так-то и так-то... В 1971 году после инцидента в Копенгагене<sup>20</sup> их отношения были окончательно разорваны.

193

Петров был среднего роста, довольно худощавым, с каким-то нездоровым цветом лица, постоянно носил очки и много курил. Ничто человеческое ему было не чуждо. Мог и пошутить. Помню, во время одного из заседаний секции гравитации, которое происходило в Москве в его номере гостиницы «Ленинград», позвонила Марго Зигановна, жена Терлецкого. В этот момент Яков Петрович вышел в соседнюю комнату. «Кого позвать? Якова Петровича?» — переспросил Петров. — «А его здесь нет». И положил трубку, а нам подмигнул, сказав: «Вот увидите, через полчаса Марго Зигановна будет здесь». И действительно, примерно через 40 минут взволнованная Марго Зигановна ворвалась в номер Петрова.

В зарубежных поездках Алексей Зиновьевич интересовался всем тем, что отсутствовало в советской действительности. Конечно, А. З. Петров был членом партии со стажем, иначе бы ему не доверили кафедру, однако, как следовало из общения с ним, никаких иллюзий относительно нашего общественного устройства он не питал. Помню, когда мы ехали из аэропорта Внуково, возвращаясь с Лондонской международной гравитационной конференции, и проезжали Ленинский проспект, он обратил наше внимание на унылый вид домов и витрин, таких непохожих на блистательную английскую столицу.

<sup>20</sup> Это происшествие будет подробно изложено в третьей книге.

## 6.8. Белорусские гравитационисты

Видное место в отечественном гравитационном сообществе занимала белорусская школа физиков-релятивистов, которую возглавлял академик АН БССР Федор Иванович Федоров (1911–1994), сын известного белорусского писателя Янки Мавра. Это был очень эрудированный, разносторонний ученый, прекрасно понимающий значение фундаментальных теоретических исследований.



Академик В. А. Фок и академик АН БССР Ф. И. Федоров. (Фото автора)

Далеко не во всех республиках в руководстве академии наук (Федоров был академиком-секретарем АН БССР) были столь видные ученые. Благодаря ему в 60-е годы в Минск были приглашены супруги Анатолий Евгеньевич Левашев и Ольга Семеновна Иваницкая, которые значительную часть жизни провели в Средней Азии, а в самом конце 50-х годов перебрались в Киев, но там не укоренились. В Минске Левашев, будучи тогда еще кандидатом физ.-мат. наук, возглавил кафедру теоретической физики Белорусского университета, а Ольга Семеновна (тогда тоже кандидат наук) стала работать научным сотрудником теоретического отдела Института физики АН БССР.

Академик Федоров был скорее физик-полевик и больше интересовался проблемами оптики, классической электродинамики и общими свойствами релятивистских уравнений,

в том числе и уравнений Эйнштейна, тогда как Левашев и Иваницкая были физиками-гравитационистами, сложившимися на трудах геометров и классиков релятивизма: В. Клиффорда, А. Эйнштейна, Э. Картана, А. Эддингтона и других, т. е. были людьми с геометрическим подходом к проблемам физики.

### 6.8.1. Профессор А. Е. Левашев

Идейным вождем в области теории гравитации был, несомненно, Анатолий Евгеньевич Левашев (1898–1979). Он происходил из интеллигентной офицерской семьи. Его отец был кадровым царским офицером, служившим в Средней Азии. Докторскую диссертацию Левашев защитил довольно поздно, уже в 1963 году. Д. Д. Иваненко, получив диссертацию для отзыва, передал ее мне для подготовки проекта отзыва и замечаний. Диссертация была пухлой, но я ее прочитал с интересом. Не все детали я тогда понял, но в целом она произвела на меня хорошее впечатление. В исследовании Левашева, посвященном развитию тетрадной формулировки ОТО,

был разработан весьма специфический вариант тетрадного формализма со множеством нестандартных определений, со своим пониманием кручения и других обобщений римановой дифференциальной геометрии.

Во главу угла Левашев поставил перенос, ассоциированный с циклом, близкий к оригинальным работам Э. Картана. В этом подходе предлагалось определять параллельный перенос тензоров не через бесконечно малое их смещение, как это обычно принято делать, а через



Профессор А. Е. Левашев (1968 г.).  
(Фото автора)

площади малых замкнутых линий (циклов) в касательном пространстве и через значения тензора кривизны в этой области. Левашев очень ценил работы Э. Картана, читал их по-французски в оригинале и гордился перепиской с ним. В своей диссертации и потом со своим аспирантом Е. А. Ушаковым он пытался переформулировать ОТО и всю электродинамику в терминах движений, ассоциированных с циклом. По этой теме Ушаков защитил кандидатскую диссертацию, с которой мне, как оппоненту, довелось ознакомиться. И хотя эта тема, к сожалению, после смерти Левашева не получила значительного развития, я уверен, что в данном направлении исследований еще не сказано последнее слово.

Близкий подход развивался в работах С. Манделстама в так называемой путезависимой формулировке теории гравитации и электродинамики. Манделстам пытался ее применить для решения проблемы квантования гравитации. Но сам Левашев и его ученики так и не соединили свои идеи с актуальными проблемами современной физики. Это объясняется рядом причин. Во-первых, у Левашева было классическое, в какой-то степени старомодное образование, а перестраиваться в его возрасте было уже трудно.

Во-вторых, как я понял из многочисленных бесед с ним, его интересовали некие более глубокие фундаментальные идеи, которые он вынашивал всю жизнь. У него была некоторая идея-фикс, стержень, который составлял суть его жизни. Он считал необходимым переформулировать геометрию, изменив некоторые ее аксиомы, в частности аксиому Дезарга. Мы сошлись с ним в обоюдном желании искать решение проблем физики в изменении аксиоматики геометрии.

Его также мучила суть проблемы двойственности, которую он усматривал, в частности, в существовании ковариантных и контравариантных величин. Мне кажется, здесь он интуитивно подходил к вопросам, которыми я занялся впоследствии в виде бинарной геометрофизики. Вероятно, здесь, как и у Кулакова, было что-то из восточной философии, трактуемое как Инь и Ян и это он хотел как-то отобразить в физике.

Спрашивается, хотел ли Левашев воспитать своих единомышленников, обратиться к коллегам в свою веру? Конечно же, хотел и выступал в разных местах, пробовал изложить свои полуинтуитивные взгляды. Я не имею в виду официальные выступления на конференциях и совещаниях. Как правило, научные сообщения на конференциях и изложение своего миропонимания есть нечто совершенно различное. Мне рассказывали, что он пытался изложить свои идеи в Казани в группе профессора А. З. Петрова. Там пробовали разобраться в его умопостроениях, но, как мне говорили казанцы, они его так и не поняли. Левашев неоднократно излагал свои взгляды ученикам на своей кафедре. Они искренне хотели понять, но из этого ничего не получилось. Почему? Трудно сказать. Может быть, сам Левашев не мог как следует сформулировать свои взгляды, они оставались для него еще полуинтуитивными. Не исключено, что ему просто не повезло: среди его учеников не оказалось людей с близким ему характером мышления, кто смог бы резонировать на его полуинтуитивные идеи.

Анатолий Евгеньевич был невысокого роста, подтянутым. Он постоянно держал себя в хорошей спортивной форме. У него был громкий, хорошо поставленный голос, и выступая или читая лекции, он обстоятельно, не торопясь, умело играл голосом, четко расставляя смысловые акценты. До 80-летнего возраста он очень следил за своим здоровьем, занимался гимнастикой, делал пробежки, много и быстро ходил, спал при открытом окне даже в сильные морозы. Он не курил, никогда не употреблял не то чтобы спиртное, но даже не пил нормального чая, предпочитая лишь чуть подкрашенный чаем кипяток. В Минске он жил с Ольгой Семеновной специально на 5-м этаже (дом без лифта), чтобы ходить пешком по лестнице. Его молодые коллеги и аспиранты рассказывали, что когда нужно было быстро перейти из корпуса в корпус университета, они не поспевали за Левашевым. Когда поднимались по лестнице, у них из-за отдышки не хватало воздуха, а 75-летний Левашев шел впереди как ни в чем не бывало.

### 6.8.2. Ольга Семеновна Иваницкая

Ольга Семеновна Иваницкая (1914–1986) также всецело жила наукой, поскольку детей у них не было. На мой взгляд, она не ставила перед собой столь грандиозные задачи. Видимо, она трезво оценивала свои силы и пыталась внести посильный вклад в науку в пределах своих возможностей. А может быть, на нее действовали неудачи Левашева в попытках решить глобальные проблемы. Основное направление ее деятельности состояло в построении теории систем отсчета в рамках тетрадного формализма. Можно сказать, это была их семейная задача. Официально этим же занимался и А. Е. Левашев, но она энергичней взялась за эту проблему. Так, она написала и в 1969 году издала монографию «Обобщенные преобразования Лоренца и их применение»<sup>21</sup>. В этой книге она систематически изложила

<sup>21</sup> Иваницкая О. С. Обобщенные преобразования Лоренца и их применение. Минск: Наука и техника, 1969.

тетрадный формализм и связанные с ним локальные преобразования Лоренца, как в СТО, так и в ОТО. Книга была замечена релятивистами, и, я помню, Д. Д. Иваненко, просматривая ее, сказал: «Иваницкая, пожалуй, даже толковее Левашева».

Затем Иваницкая стала искать пути развития тетрадного формализма, увидев новые возможности в сопоставлении тетрадного и монадного методов задания систем отсчета, а именно, в сопоставлении локальных преобразований Лоренца с выделенными классами преобразований в методах хронометрических и кинеметрических инвариантов. Ольга Семеновна сначала дискутировала с Зельмановым, затем обратила внимание на мои работы и поддержала мои исследования. Я многим обязан Ольге Семеновне за поддержку, в частности за ее позицию в моем конфликте с Зельмановым и за оппонирование моей докторской диссертации (1975 г.).

Очень интересным этапом ее деятельности стал сбор, переработка и анализ возможных эффектов общей теории относительности. В какой-то степени эти ее работы оказались даже сенсационными. Все релятивисты привыкли говорить о двух (или трех) эффектах ОТО, а Ольга Семеновна вдруг заявила о 100 эффектах ОТО. На самом деле ею с аспирантом Н. Н. Костюковичем были собраны данные о теоретических расчетах еще большего числа эффектов. Это означало качественный скачок в представлениях о возможностях ОТО. Я помню ее первое большое выступление на эту тему на симпозиуме в Менделеево в 1973 году. Она привезла большие таблицы с классификацией эффектов и их анализом. Этот и предыдущий цикл работ Иваницкой был суммирован в ее другой книге «Лоренцев базис и гравитационные эффекты в эйнштейновой теории тяготения»<sup>22</sup>. Эта книга и препринты Иваницкой на эту тему многими цитировались. Казалось бы, ничего особенного ею не было сделано, только собран разбросанный в журнальных статьях материал и классифицирован, однако далеко не каждый может увидеть, что созрело для суммирования и классификации, что в данный момент может получить должное звучание.

Вскоре после этого мы вместе с Ольгой Семеновной и с Мишкевичем планировали в развитие этой тематики написать совместную монографию по эффектам ОТО, уже составили ее план (в 1982 г), распределили обязанности, однако осуществить эту работу не удалось по ряду причин (всех нас увлекли другие задачи и обстоятельства).



Доктор физ.-мат. наук  
О. С. Иваницкая. (Фото автора)

<sup>22</sup> Иваницкая О. С. Лоренцев базис и гравитационные эффекты в эйнштейновой теории тяготения. Минск: Наука и техника, 1979.

## 6.9. Очаги гравитационных исследований в стране

Кроме названных наиболее видных теоретиков-гравитационистов и их школ следует назвать несколько иных физиков, также занимавшихся проблемами общей теории относительности и гравитации.

В Тбилиси работал академик АН Гр. ССР Матвей Михайлович Мирианашвили, ученик Д. Д. Иваненко и А. А. Соколова. У него было несколько сотрудников в ранге кандидатов физ.-мат. наук: Автондил Багратович Кереселидзе, Владимир Спиридонович Кирия и еще несколько человек. Силами этой группы на базе Тбилисского университета при активной поддержке Д. Д. Иваненко были проведены две большие конференции: 2-я Советская гравитационная конференция (1965 г.) и 5-я Международная гравитационная конференция (1968 г.). Ученым секретарем этих конференций был Кереселидзе, который многократно приезжал в Москву, где мы обсуждали различные организационные вопросы.

Из этой группы мне хорошо запомнился В. С. Кирия, который стремился защитить докторскую диссертацию по теории систем отсчета в ОТО. Однако он как-то не вписался в ведущиеся исследования других групп, стал сам кустарным образом мудрить и претендовать на приоритет в давно установленных результатах. Его никто не пожелал поддержать в качестве оппонентов. Тогда он стал рассылать письма ряду коллег, чтобы вызвать в них сочувствие: он никак не может огорчить родителей, которые хотели его видеть доктором. Это еще более оттолкнуло от него коллег.

Другая активная группа работала в Ереване под руководством академика АН СССР Виктора Амазасповича Амбарцумяна и член-корр АН Арм. ССР Гургена Серобовича Саакяна. У них были способные ученики: Ю. Л. Вартанян, Д. М. Седракян, Э. В. Чубарян, В. В. Папоян и другие, которые постепенно стали докторами физ.-мат. наук. Это была сильная гравитационная группа, занимающаяся приложениями общей теории относительности к астрофизике. Главным направлением их работ было исследование внутренней структуры звезд с учетом закономерностей ОТО. На них пал нелегкий труд по организации 3-й Советской гравитационной конференции на базе Ереванского университета (1972 г.).

Еще одна активная группа теоретиков-гравитационистов работала в Тарту под руководством академика АН ЭССР Харальда Петровича Кереса. В эту группу входили кандидаты физ.-мат. наук: А. А. Коппель, И. Р. Пийр, В. Унт, Саппар и некоторые другие. Они рассматривали ряд задач. В частности, мы наиболее тесно сошлись с Пийром, который в те годы занимался квантовыми эффектами с участием гравитонов. Этой группой была организована летняя гравитационная школа в Тарту в 1963 году.

В разных городах страны было несколько отдельных гравитационистов. Так, в Днепропетровске работала Мария Петровна Коркина, которая сначала занималась квантовыми гравитационными эффектами, а затем пе-

решла на изучение статических сферически-симметричных (внутренних) решений уравнений Эйнштейна.

В Краснодаре работал ученик профессора М. Ф. Широкова доцент Я. И. Пугачев, а в Ярославском педагогическом институте — В. В. Радзиевский, несколько гравитационистов работало в Баку. Все названные гравитационисты тесно сотрудничали с Д. Д. Иваненко, ведь он был зам. председателя секции НТС Минвуза СССР, а по статусу секции всем им оплачивались командировки на проводимые секцией мероприятия.

## Глава 7

# Главные предсказания общей теории относительности

*Все наши основные принципы механики представляют собой... данные опыта об относительных положениях и движениях тел. Не следует и невозможно принимать их без проверки в областях, в которых их в настоящее время признают правильными. Никто не вправе расширять сферы действия этих основных принципов за пределы опыта. Такое расширение даже бессмысленно, ибо никто не сумел бы найти ему применение<sup>1</sup>.*

Эрнст Мах

У каждого физика-релятивиста имеются свои особые ожидания от исследований в рамках геометрической парадигмы, однако практически все они сходятся на том, что в общей теории относительности геометризовано гравитационное взаимодействие и что ее можно применять для построения космологии. В рамках этих двух составляющих геометрического миропонимания (а точнее, в рамках классической общей теории относительности) основные исследования развернулись по трем главным направлениям, намеченным еще в пионерских работах В. Клиффорда, где он говорил про «три рода кривизны в пространстве, которые мы должны признать лежащими в пределах возможного». Напомним их в том же порядке:

1. Пространство может обладать кривизной, которую мы смешиваем «с переменами в условиях нашего физического существования».
2. «Наше пространство может быть действительно тождественно во всех его частях (имеет одинаковую кривизну), но величина его кривизны может изменяться как целое во времени».
3. Могут существовать «легкие изменения кривизны при переходе от точки к точке, в свою очередь изменяясь во времени».

Эти три рода кривизны соответствуют:

- 1) искривлениям пространства-времени вокруг гравитирующих источников;

---

<sup>1</sup> Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития. Ижевск: Ижевск. республ. типография, 2000. С. 194.

- 2) однородным изотропным космологическим моделям Вселенной, эволюционирующим во времени;
- 3) слабым гравитационным волнам, распространяющимся в пространстве-времени.

Именно эти три возможные проявления кривизны, указанные Клиффордом, явились предметом дальнейших теоретических исследований, экспериментальных работ и дискуссий в рамках общей теории относительности.

## 7.1. Пространство-время вблизи гравитирующих источников

Первый род возможных искривлений пространства, названный Клиффордом, после создания ОТО следует трактовать как искривления пространства-времени, создаваемые гравитирующими объектами островного характера.

### 7.1.1. Островные решения уравнений Эйнштейна

Наиболее важным решением уравнений Эйнштейна такого рода явилось решение Шварцшильда, полученное еще в 1916 году. Именно на его основе были объяснены два классических эффекта общей теории относительности: смещение перигелия Меркурия и отклонение лучей света, проходящих вблизи Солнца. Последний эффект можно наблюдать лишь во время солнечных затмений. Известно, что его намеревались обнаружить немецкие физики в 1914 году еще до окончательной записи уравнений Эйнштейна. В том году полное солнечное затмение можно было наблюдать на территории России (в Сибири). Немецкие физики прибыли в Сибирь и готовились провести эксперимент, однако началась Первая мировая война, участники экспедиции были интернированы, а этот эффект удалось обнаружить лишь по окончании войны. Это было сделано на островах Собрал и Принсипи в Тихом океане в 1919 году английскими экспедициями, организованными А. Эддингтоном. Тогда было показано, что угол отклонения лучей света соответствует эйнштейновской теории гравитации, т. е. в два раза больше предсказываемого ньютоновой теорией.

С тех пор этот эффект многократно проверялся различными экспериментальными группами, причем не только в световом диапазоне, но и по отклонению проходящих вблизи Солнца радиоволн от далеких радиоисточников. Для этого не надо было ожидать полного солнечного затмения. Разновидность этого эффекта проявилась при радиолокации планет Солнечной системы, когда имеет место отклонение лучей на уровне планетарных орбит.

Об открытии такого рода было доложено в 1968 году на 5-й Международной гравитационной конференции (Тбилиси) на специальном заседании, посвященном гравитационным экспериментам. Доклад сделали

советские гравитационисты из Самарканда Л. Я. Арифов и Р. К. Кадыев. На основе анализа огромного количества астрономических данных было показано, что отрицательные параллаксы далеких звезд, которые астрономы уже давно наблюдали и обычно объясняли систематическими ошибками в аппаратуре, на самом деле являются проявлением гравитационного отклонения лучей света, проходящих на уровне орбиты Земли. Помню, по окончании доклада сидевший в зале известный французский теоретик Папапетру вышел к доске и торжественно поздравил докладчиков с прекрасным научным результатом. Участники конференции разразились аплодисментами.

Замечу, если бы в свое время Н. И. Лобачевский во время своих астрономических наблюдений по определению вида геометрии, которой описывается наш мир (гиперболической или евклидовой), обнаружил бы отрицательные параллаксы, то был бы весьма озадачен данным обстоятельством, поскольку это не укладывалось ни в один из двух ожидаемых им вариантов.

Часто в литературе пишется о третьем классическом «эффекте ОТО» — гравитационном красном смещении в спектре излучения, испущенного, например, на Земле и принимаемого на некоторой высоте. Однако, расчет показывает, что этот эффект одинаков как в ньютоновой, так и в эйнштейновской теории гравитации. Следовательно, его правильнее считать не эффектом ОТО, а лишь проявлением принципа соответствия выводов в рамках этих двух теорий.

Другим физически важным решением уравнений Эйнштейна, полученным лишь в 1963 году, явилась метрика Керра, описывающая искривление пространства-времени вблизи вращающихся массивных тел, каковыми являются практически все астрофизические объекты. Вращение неизбежно приводит к отклонениям от метрики Шварцшильда. До этого учет вращения производился на основе приближенного решения Лензе—Тирринга (1918 г.). Помню, когда я был еще дипломником у Д. Д. Иваненко, мой однокурсник Виктор Дубинин рассчитывал эффекты вблизи вращающихся источников на основе метрики Лензе—Тирринга.

На 3-й Международной гравитационной конференции в Варшаве американский теоретик, профессор Л. Шифф<sup>2</sup> изложил проект эксперимента по обнаружению принципиально нового эффекта общей теории относительности. Этот эффект, названный его именем, состоит в том, что ось гироскопа, выведенного спутником на земную орбиту, будет прецессировать с некоторой угловой скоростью, зависящей от радиуса орбиты, его угловой скорости, а также от параметров источника, т. е. его массы и угловой скорости вращения. Расчеты показывали, что этот новый, уже третий тип эффектов ОТО может быть обнаружен имеющимися экспериментальными методами. С этого времени экспериментаторы в США

<sup>2</sup> Л. Шифф является автором наиболее удачного, на мой взгляд, учебника по квантовой механике, переведенного на русский язык.

приступили к подготовке этого сверхтонкого эксперимента. Для этого нужно было изготовить гироскоп, который мог бы вращаться длительное время практически без трения. Отмечу, что осуществить этот эксперимент удалось лишь в последнее время.

Были найдены и другие точные решения островных систем и среди них — метрика Райсснера—Нордстрема, описывающая искривление пространства-времени вблизи массивного электрически заряженного источника. Затем было получено точное решение Керра—Ньюмена, описывающее метрику, создаваемую массивным, электрически заряженным и притом вращающимся объектом. Это решение зависит уже от трех физических констант.

Советским теоретиком Фишером в 40-х годах было найдено сферически симметричное совместное решение уравнений Эйнштейна и уравнения Клейна—Фока, описывающее метрику, создаваемую массивным и скалярно заряженным объектом. В 60-е и последующие годы обсуждался вопрос о физическом смысле скалярного заряда и о возможности экспериментального обнаружения эффектов «скаляризма» — от скалярных полей геометрического происхождения. Заметим, что до сих пор не было получено надежных данных в пользу скалярно-тензорных теорий гравитации.



Профессор Л. Шифф (США) на 5-й международной гравитационной конференции в Тбилиси (1968 г.). (Фото автора)

### 7.1.2. Гипотеза черных дыр

Однако главные дискуссии в 60-х и последующих годах разгорались вокруг интерпретации особенностей (сингулярностей), которые имелись в названных решениях уравнений Эйнштейна, описывающих метрику вокруг островных систем.

Простейшей является метрика Шварцшильда, в которой, как известно, имеется особенность в поведении физических объектов на так называемом гравитационном радиусе. Особенность состоит в том, что при переходе внутрь через этот радиус временная координата становится пространственной, а радиус — времени-подобным. Элементарные расчеты показывают, что при приближении объектов к гравитационному радиусу их скорость стремится к скорости света, а динамическая масса — к бесконечности. Более того, оказывается, что для внешнего наблюдателя время достижения объектом гравитационного радиуса также стремится к бесконечности. Из-под гравитационного радиуса не может выйти ни свет, ни какая иная частица, что и обусловило название: «черные дыры».

Суть дискуссии состояла в выяснении возможности существования реальных объектов с размерами, меньшими их гравитационного радиуса

(черных дыр). Большая часть физиков, свято поверивших в непрерывающую истинность общей теории относительности, считает, что такие объекты имеются, причем одни полагают, что таковыми могут быть лишь большие астрофизические объекты типа сверхмассивных звезд, а другие не только допускают, но и строят модели элементарных частиц в виде мини-черных дыр. Мне пришлось слышать от одного из представителей школы Ландау такое утверждение: «Черные дыры есть везде, где не доказано их отсутствие».

В литературе многократно назывался ряд астрофизических кандидатов на роль черных дыр. Поскольку они «черные», т. е. не светят, то наблюдать их можно лишь по косвенным эффектам. Таковым считается рентгеновское излучение от столкновений в окрестности черных дыр ультрарелятивистских частиц. Однако многие из таких кандидатов потом были отклонены, поскольку их рентгеновское излучение удавалось объяснить иными причинами.

Другим косвенным критерием наличия черной дыры могут быть сверхсильные гравитационные поля в их окрестности. Принято считать, что черные дыры находятся в центре нашей и других галактик.

В 60–70-х годах о черных дырах много говорилось в выступлениях ведущих физиков-теоретиков, писалось в научной и популярной литературе. Так, в 1967 году была опубликована книга академика Я. Б. Зельдовича и доктора физ.-мат. наук И. Д. Новикова «Релятивистская астрофизика», где значительное внимание уделялось черным дырам. Затем в 70-х годах вышли обстоятельные книги этих же авторов «Теория тяготения и эволюция звезд» (1971 г.) и «Строение и эволюция Вселенной» (1975 г.). Во всей последующей деятельности группы Я. Б. Зельдовича и И. Д. Новикова черные дыры составляли ключевую роль.



Доктор физ.-мат. наук И. Д. Новиков. (Фото автора)



Профессор В. Б. Брагинский, ? и академик В. А. Фок  
на физфаке МГУ (1974 г.). (Фото автора)

Однако некоторая часть физиков-теоретиков, менее многочисленная, считает, что значение гравитационного радиуса является условной величиной, и таких реальных объектов в природе не существует. Сторонником этой точки зрения был академик В. А. Фок. Об этом он сказал во время своего последнего публичного выступления на нашем семинаре (физфак МГУ, 1974 г.), когда по заведенной традиции ему стали задавать множество вопросов как по теме доклада, так и по более широкому кругу проблем. Речь зашла и о возможности существования черных дыр, хотя выступление было посвящено другой проблеме. Вопросы были устными и в виде записок. Было заметно, что Фок, прочитав некоторые записки, откладывал их в сторону, не отвечая. Наконец, прозвучал устный вопрос о его отношении к черным дырам. Фок попытался уйти от ответа, но вопрос был задан вторично. На него Владимир Александрович ответил уклончиво, сказав, что он, мол, уже отметил свой 75-летний юбилей и теперь не следит за литературой. Тогда поднялся профессор В. Б. Брагинский и сказал:

— Владимир Александрович, хотите, я Вам подберу литературу по этому вопросу?

— Нет, не надо. Все равно не поверю, — ответил Фок.

Как я понял из этого ответа и из публикаций, Фок не имел иллюзий на этот счет, не разделял мнений о возможности экстраполировать закономерности, вскрытые общей теорией относительности, как угодно далеко за пределы того круга явлений, где они установлены. Вместе с тем, он чувствовал, что шумиха, поднятая вокруг черных дыр, способствует привлечению внимания общественности к проблемам теории гравитации и вообще к фундаментальной теоретической физике, поэтому он не афишировал свои взгляды.

Уже позже, в 1977 году, на 8-й Международной гравитационной конференции в Иене (ГДР) снова вспыхнула дискуссия по вопросу черных дыр. Подводя итоги, председатель оргкомитета конференции профессор

Э. Шмутцер констатировал две точки зрения по проблеме черных дыр. Поясняя позицию отрицающих их существование, он напомнил известную закономерность: как только используемая теория приводит к бесконечностям (сингулярностям), это следует воспринимать как «звонок сверху» о том, что теория в окрестности этих сингулярностей теряет силу и необходимо искать иные принципы для описания подобных ситуаций. Это правило действует в классической электродинамике, в термодинамике, квантовой теории и т. д. В данном же случае черные дыры следует воспринимать как такие области пространства-времени, где закономерности эйнштейновской теории гравитации теряют силу. Замечу, что это не означает отрицания возможности существования, например, в центре галактик неких необычных космических объектов, однако они уже не описываются непосредственно закономерностями ОТО.

## 7.2. Космология

Второй тип проявлений искривления пространства-времени, указанных еще Клиффордом, видится в космологии, в основе которой лежат однородные изотропные решения уравнений Эйнштейна, найденные А. А. Фридманом. Как уже отмечалось, этот факт имеет принципиально важное, можно даже сказать общефилософское звучание. Ведь теперь в рамках ОТО появилась возможность ставить и решать *задачу описания Вселенной в целом*. До этого такие вопросы входили в компетенцию религии и философии, а теперь стали сферой деятельности физиков.

### 7.2.1. Космологические решения уравнений Эйнштейна

В математическом плане описание Вселенной в целом основано на решении уравнений Эйнштейна, в правую часть которых нужно подставить тензор энергии-импульса всей материи мира: планет, звезд, межзвездной среды и всего прочего. Поскольку все это точно учесть невозможно, рассматривается упрощенная модель.

Во-первых, предполагается, что всю материю мира можно представить в виде сплошной среды наподобие пыли, когда в качестве отдельных пылинок выступают не отдельные звезды и даже не отдельные галактики, а скопления галактик.

Во-вторых, полагается, что, пренебрегая рядом индивидуальных (пекулярных) движений пылинок, можно выбрать сопутствующую материи (скоплениям галактик) систему отсчета, т. е. такую, в которой приборы движутся вместе с материей, «вмороженной» в пространство.

В-третьих, предполагается, что сопутствующая система отсчета является нормальной, т. е. не вращается. Напомним, что подобные системы отсчета являются преимущественными в общей теории относительности и представляют собой своеобразный аналог инерциальных систем отсчета в ньютоновой механике. Важнейшим свойством нормальных систем отсчета является глобальное расщепление в них 4-мерного искривленного

пространства-времени на 3-мерное пространство и ортогональное ему время (данной системы отсчета). В сопутствующей системе отсчета приборы вместе со средой как бы «вморожены» в пространство. Их движение может описываться лишь эволюцией самого пространства.

В-четвертых, когда уже определено глобальное 3-мерное пространство, полагается, что в нем распределение материи — пылинок однородно и изотропно, т. е. материя распределена равномерно вдоль каждого направления и одинаково по всем направлениям. Очевидно, что эти условия не выполняются в масштабах Солнечной системы, отдельной галактики или даже конкретного их скопления, однако полагается, что по мере увеличения масштаба распределение материи все более становится близким к однородному и изотропному.

Как уже отмечалось, решения уравнений Эйнштейна (без космологического члена) при выполнении всех этих условий впервые нашел в 1922 году наш соотечественник А. А. Фридман. В настоящее время так называемые *однородные изотропные космологические решения Фридмана*, составляют основу космологии.

В 60–70-х годах обсуждались как старые проблемы космологии, поставленные еще в 20–30-х годах, так и новые, возникшие в связи с новыми астрофизическими открытиями.

К старым проблемам относится, во-первых, наличие «начальных» моментов эволюции при  $x^0 = 0$ , обычно трактуемых как «рождение Вселенной» вследствие взрыва. Все три решения Фридмана характеризуются тем, что в окрестности начала плотность материи стремится к бесконечности. В соответствии с упомянутым выше общим правилом трактовки бесконечностей в физике, это означает, что в окрестности «начального момента» эволюции, закономерности общей теории относительности теряют силу и ею можно пользоваться, лишь начиная с какого-то момента  $x^0 > 0$ .

На основе известных к тому времени свойств физических взаимодействий обсуждались возможные сценарии превращений материи из одних видов в другие на начальных стадиях эволюции Вселенной. Рассматривались процессы образования вещества и формирования из него звезд и галактик.

Возникали и иные вопросы уже метафизического характера. С какой стадии развития Вселенной можно говорить о возможности пользоваться такими классическими понятиями, как время и пространство? Что было до рождения Вселенной и имеет ли смысл говорить об этом? Из чего образовалась Вселенная? Что означает рождение Вселенной из «ничего»? Дискутировались и другие метафизические вопросы космогонии.

Обсуждались также проблемы, связанные с возрастом Вселенной, уточнялось значения постоянной Хаббла и космологической постоянной. Чтобы не было противоречий с наблюдениями, космологическую постоянную следовало считать чрезвычайно малой по модулю. На этом основании долгое время полагали, что ее можно вообще исключить из рассмотрения. У нас в стране, видимо, один Д. Д. Иваненко на всех конференциях при-

зывал ее учитывать. У многих тогда это вызывало усмешку, однако в конце XX века был сделан вывод о необходимости учета этого слагаемого в уравнениях Эйнштейна.

Интенсивно обсуждался вопрос: Какой из трех фридмановских моделей описывается наша Вселенная?

Но были и новые проблемы, связанные, во-первых, с открытием реликтового излучения. Это трехградусное излучение в то время, как и сейчас, интерпретировалось как излучение, оторвавшееся от вещества в эпоху его рекомбинации, когда все метагалактические расстояния были на три порядка меньше современных, а плотность на девять порядков выше, чем в настоящее время. А до этого плотность была еще намного порядков выше. Проблема заключалась в том, что при таких условиях уже нельзя пользоваться выводами общей теории относительности.

Другой круг вопросов, обсуждавшихся в то время, был связан с открытием пульсаров, которые отождествлялись с нейтронными звездами. Выдвигались идеи о возможности существования гиперонных звезд.

Трудно было объяснить открытие квазаров — далеких космических источников невероятно мощного космического излучения.



Академик Я. Б. Зельдович.  
(Фото автора)

Все эти вопросы оказались в центре внимания группы академика Я. Б. Зельдовича, переключившегося на вопросы релятивистской астрофизики после известных закрытых работ над ядерным оружием. Под руководством Зельдовича сложилась группа активных исследователей, объявивших о формировании нового направления исследований — релятивистской астрофизики, в основу которой были положены закономерности общей теории относительности Эйнштейна. Возможность применения ОТО для описания Вселенной в целом не подвергалась сомне-

ниям. В своей книге «Строение и эволюция Вселенной» Я. Б. Зельдович и И. Д. Новиков, обосновывая свою позицию, писали: «появление новых законов и новых обобщений в физике всегда было связано с тем, что старые законы вступали в непримиримое противоречие с опытом или оказывались логически, внутренне незамкнутыми и непригодными в новой области... Подойдем с такой меркой к общей теории относительности: применяя ее к безграничной Вселенной, мы не сталкиваемся ни с внутренними логическими противоречиями самой теории, ни с какими-либо вопиющими противоречиями между теорией и наблюдениями. Поэтому представляются необоснованными предположения о необходимости изменения ОТО при применении ее к космологии (если не считать вопроса о космологической постоянной — вопроса, стоящего в рамках ОТО). Нет

никаких наблюдательных данных, указывающих на ограниченность применения ОТО к масштабам Вселенной»<sup>3</sup>.

В другом месте на страницах своей книги авторы приводят и другие доводы: «В космологии до сих пор мы не сталкиваемся с каким-либо неразрешимым противоречием теории и опыта или внутренними логическими трудностями теории. Более того, теория расширяющейся Вселенной была создана до фактического открытия удаления Галактик, доказавшего расширение Вселенной; теория же горячей Вселенной была создана задолго до открытия реликтового излучения, подтвердившего эту теорию. Это говорит о правильности наших теорий, об их применимости к масштабам Вселенной. Нужно только подчеркнуть, что речь идет не об исключении нового: необычайное и принципиально новое, никогда не наблюдаемое в лаборатории, возникает в космологии как результат применения существующей теории»<sup>4</sup>.

В связи с этими высказываниями спустя несколько десятилетий уместно задать вопрос: Как трактовать новые астрофизические данные, приведшие к гипотезам темной материи и темной энергии? Это проявления «необычайно и принципиально нового», «возникающего в космологии как результат применения существующей теории» или факты, ставящие под сомнения справедливость существующей теории в масштабах всей Вселенной?

### 7.2.2. Метафизический реализм в вопросах космологии

209

Однако нельзя забывать, что при описании Вселенной в целом на основе уравнений Эйнштейна производится экстраполяция наших представлений о мире максимально далеко за пределы изученной области Вселенной. Это ни в коей мере не ставит под сомнение необходимость обсуждения космологических моделей, полученных на базе ОТО, поскольку это может помочь ответить на вопрос, до каких пределов экстраполяция правомерна, когда и каким образом следует изменить наши представления о природе мироздания. Обо всем этом настойчиво говорили ведущие отечественные физики-гравитационисты в 60-е годы.

Прежде всего, напомним позицию академика В. А. Фока: «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, соответствующих свойствам изучаемых объектов и применяемым средствам их познания, а тогда выявляются и пределы применимости теории, притом возникают новые гносеологические вопросы»<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Стрoение и эволюция Вселенной. М.: Наука, 1975. С. 12–13.

<sup>4</sup> Там же. С. 25.

<sup>5</sup> Фок В. А. Квантовая физика и современные проблемы // Ленин и современное естествознание. М.: Мысль, 1969. С. 200.

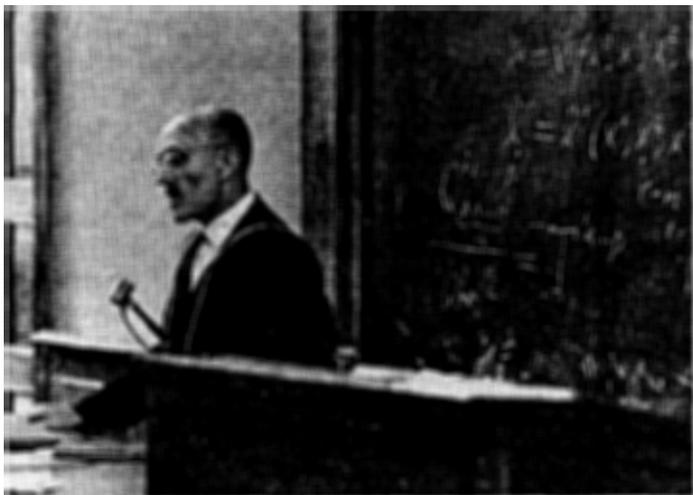
В этой связи следует обратиться к изложению вопросов космологии в его труде «Теория пространства, времени и тяготения». Во-первых, этот материал занимает в книге, объемом 563 страницы, довольно скромное место (примерно 20 страниц), причем в самом конце его монографии. Во-вторых, из трех вариантов космологических решений, найденных Фридманом, он выделяет открытую космологическую модель с пространственным сечением, описываемым геометрией Лобачевского, и называет его пространством Фридмана—Лобачевского. Отмечается, что это решение позволяет избежать известного парадокса Зелигера, состоящего в том, что ньютонов потенциал от равномерного распределения масс не существует, а обычно полагается, что в больших масштабах имеет место однородное распределение материи.

В-третьих, Фок постоянно обращает внимание на необходимость проявления осторожности при описании Вселенной в целом на основе уравнений Эйнштейна. Он пишет: «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 потребуют изменения или обобщения»<sup>6</sup>.

Далее следует напомнить **позицию крупнейшего нашего космолога того времени А. Л. Зельманова**: «В основе космологии лежат (в порядке возрастающей общности): во-первых, эмпирические, прежде всего, астрофизические сведения об охваченной наблюдениями области вселенной; во-вторых, основные физические теории, прежде всего, теория тяготения; в-третьих, общие, по существу — философские, соображения»<sup>7</sup>. (Заметим, что в то время пользоваться термином «метафизические соображения» было не принято.) Далее он продолжает: «Приняв в качестве физико-теоретической основы космологии наиболее общую из существующих теорию тяготения (эйнштейнову), не следует дополнять ее какими-либо упрощающими предположениями, в частности, основанными на экстраполяции идеализированных эмпирических данных на всю вселенную, например, предположениями однородности и изотропии». «Проверкой истинности выводов, касающихся вселенной как целого, может служить их сохранение

<sup>6</sup> Фок В. А. Теория пространства, времени и тяготения. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит.-ры, 1961. С. 495; 3-е изд. М.: Издательство ЛКИ/URSS, 2007.

<sup>7</sup> Зельманов А. Л. Об основах космологии // Тезисы докладов и сообщений на всесоюзном симпозиуме «Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии». Киев, 1964. С. 110.



А. Л. Зельманов (1968 г.). (Фото автора)

или развитие при переходе от данной физико-теоретической основы к другой, более общей».

Позже, уже в начале 70-х годов, Зельманов писал: «Несмотря на свою логическую стройность и безупречность, общая теория относительности не свободна от затруднений. Обычно думают, что в ней нет никаких проблем. Это заблуждение». После перечисления таких проблем, в числе которых он называл проблему законов сохранения в ОТО и проблему гравитационного излучения, он продолжил свою мысль: «Есть и проблемы, которые заведомо не могут быть решены в рамках общей теории относительности. Это относится, в частности, к релятивистской космологии»<sup>8</sup>.

Анализируя известные на тот момент астрофизические данные, которые большинством интерпретировались как рождение Вселенной в результате Большого взрыва, Зельманов пришел к следующему заключению: «Итак, весьма вероятно, что в прошлом наша Метагалактика, по крайней мере та ее часть, которую мы можем теперь наблюдать, прошла через состояние, описать которое современные физические теории не могут, состояние, подведомственное новой, еще неизвестной физической теории»<sup>9</sup>.

Одним из главных недостатков космологии, построенной на основе общей теории относительности, Зельманов считал то, что она не дает единственного решения: «Это показывает, что общая теория относительности не настолько обща, чтобы правильно решить вопрос о модели Вселенной.

<sup>8</sup> Зельманов А. Л. Некоторые вопросы космологии и теории гравитации // Физическая наука и философия. (Труды второго всесоюзного совещания по философским вопросам современного естествознания, посвященного 100-летию со дня рождения В. И. Ленина. Москва, декабрь 1970 г.). М.: Наука, 1973. С. 277.

<sup>9</sup> Там же. С. 276.

Если в упомянутой выше новой, более общей физической теории наиболее общие уравнения не будут дифференциальными, возможно, что эта теория даст одну, а не множество космологических моделей».

В какой-то степени с ожиданиями Зельманова пересекалась позиция, занятая Д. Д. Иваненко: «Так или иначе нынешний период истории физики характеризуется все более настойчивыми и перспективными попытками построения новой, четвертой в исторической последовательности единой картины мира, которую разумно предварительно назвать „атомнокосмической“»<sup>10</sup>. При этом он неоднократно выражал сомнения в правомерности распространения закономерностей ОТО на описание Вселенной в целом, полагая даже, что ОТО справедлива разве что в масштабах галактики.

Он говорил о построении «естественной картины мира в известном нам участке Вселенной» с привлечением современных данных из физики элементарных частиц, имея в виду наблюдаемую преимущественность частиц над античастицами, СРТ-симметрию элементарных частиц, гиперзарядовые взаимодействия, возможную связь констант микромира с глобальными космологическими величинами и т. д.

В этой связи Иваненко указывал на неэйнштейновские теории гравитации, например, на «теорию стационарной и расширяющейся Вселенной (Хойл, Бонди), в которой постоянная плотность поддерживается за счет добавочного порождения материи, учитываемого дополнительным гипотетическим членом в уравнениях Эйнштейна».

212

Обращалось внимание и на махианские идеи «относительно обусловленности инерции влиянием масс Вселенной, игравшими роль при построении эйнштейновской гравитационной динамики, хотя, как известно, принцип Маха в обычной трактовке ОТО и не выполняется. Недавно подобные идеи стали рассматриваться с новых точек зрения (Уилер, Хенль—Денен, Станюкович, Дикке), более того, ставятся опыты по обнаружению влияния нашей галактики на возможную анизотропию масс и т. д. С нашей точки зрения, здоровое зерно в подобных попытках следует видеть в направлении поисков влияния не только гигантских масс, но и глобальных космологических обстоятельств на поведение земных объектов и атомно-ядерных элементарных процессов»<sup>11</sup>.

Другими словами, если Зельманов только ожидал решение ряда космологических проблем от некоей новой теории будущего, то Иваненко обращал внимание на конкретные возможные пути их решения с учетом факторов физики микромира. При этом он делал это в своем традиционном духе, «жонглируя» идеями и результатами других авторов, не останавливаясь на какой-то своей собственной идее или своих оригинальных разработках. Безусловно, в науке необходим и такой метод сбора информа-

<sup>10</sup> Иваненко Д. Д. Возможности единой теории поля // Тезисы докладов и сообщений на всесоюзном симпозиуме «Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии». Киев, 1964. С. 56.

<sup>11</sup> Там же.

ции об идеях, которые можно было бы привлечь для решения актуальной проблемы, но всегда хочется видеть большее.

Исходя из изложенного, с большой долей уверенности можно прогнозировать, какую позицию заняли бы названные здесь авторы при обсуждении современных проблем космологии и релятивистской астрофизики, когда для согласования последних астрофизических данных с выводами общей теории относительности предлагаются гипотезы о существовании «темной энергии» и «темной материи», которые должны составить 96 процентов всей материи во Вселенной.

### 7.3. Гравитационные волны

Третьим типом возможных проявлений искривленности пространства, названных Клиффордом, фактически оказались гравитационные волны. Их ожидавшееся всеми открытие должно было существенно повлиять на жизнь всего человечества, поскольку появился бы новый вид связи, не знающей преград. Такое излучение могло бы проходить сквозь Землю без каких-либо заметных помех. При этом человечество приобрело бы новый канал информации из космоса и существенно бы расширило свои представления об окружающем нас мире. Но этому не суждено было стать реальностью ни в 60–70-е, ни в последующие годы.

#### 7.3.1. Эксперименты Дж. Вебера

Джозефа Вебера, «открывателя» гравитационных волн, мне довелось впервые увидеть летом 1962 года в Варшаве во время 3-й международной конференции по общей теории относительности и гравитации. Это был худощавый человек среднего роста с продолговатым лицом, глубоко посаженными глазами, покатым лбом и чуть седеющими, пышными волосами.

В докладе на конференции Вебер рассказал о наладке своей установки для регистрации гравитационного излучения из космоса, которая 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. Доклад вызвал оживленный интерес и множество вопросов. После заседания к Веберу буквально «прилип» Иваненко, пригласил его пройти за здание заседаний в Яблонях. Мы с Мицкевичем вынесли на зеленую лужайку стулья. Иваненко буквально начал «выжимать» из Вебера детали устройства его детектора и даже попросил его нарисовать на листке схему и проставить размеры. Вебер сначала упирался, но потом все же нарисовал.

Что можно сказать о Вебере как человеке? В прошлом он был морским офицером ВМС США, затем занимался экспериментами с лазерами и зарекомендовал себя в этой области как крупнейший специалист. С конца 50-х годов он приступил к гравитационно-волновым экспериментам,



Дж. Вебер, Д. Д. Иваненко и Ю. С. Владимиров на международной гравитационной конференции в Варшаве (1962 г.)

214

в которых проявил себя настойчивым целеустремленным исследователем. На язык Вебер был остр, мог съязвить. Помню такой эпизод. Некоторые участники конференции жили в небольшой гостинице в Яблонах. 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?»

Позднее об установке Вебера писалось много. В частности, авторы всерьез обсуждали, на какие частоты излучения она рассчитана и что представляют собой ожидаемые источники излучения. Но почему эта установка была именно с такими параметрами? Когда его об этом спросили, Вебер довольно неожиданно признался, что нужно было с чего-то 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 в длину и примерно 60 сантиметров в ширину. Этим параметрам соответствовала резонансная частота 1640 герц.

По приезду в Москву я отправил 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 тогда не давали средств, поскольку 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 и сообщил, что начал монтировать установку почти с теми же параметрами, что и у Вебера.

В следующий раз мы увидели Дж. Вебера в Лондоне летом 1965 года уже на 4-й международной гравитационной конференции. У него был истощенный, усталый вид, лицо его осунулось, под глазами были синяки, неизбежное следствие бессонных ночей. Он уже наладил установку и торопился провести первую серию экспериментов по регистрации гравитационного излучения до начала этой конференции, надеясь уже на этой 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 году сенсации с открытием гравитационных волн так и не получилось.

Об открытии гравитационных волн Вебер объявил в 1969 году 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. Некоторые даже стали шутить, что, наверное, в дни полочки. Затем в печати появились сообщения о направлении, откуда приходят гравитационные волны и 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 объявляли 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



Н. Розен и Дж. Вебер в Дании (1971 г.) (Фото автора)

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 придумали 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 года во время 6-й Международной гравитационной конференции. Он еще больше поседел, но в глаза, прежде всего, бросался его новый психологический настрой, в котором сквозила уверенность в открытии им гравитационных волн. Кстати, в этом был убежден не только он.

Помню такой эпизод. Участники конференции собирались ехать на экскурсию в Эльсинор. Подали несколько автобусов. Часть советской делегации уже села в автобус, но в нем еще оставались свободные места. И тут в наш автобус зашел Вебер. Д. Д. Иваненко тут же вскочил со своего места: «Джозеф Вебер, садитесь, садитесь к нам! Мы рады приветствовать Вас как ученого, открывшего гравитационные волны! Юра, Ивар, давайте крикнем Джозефу Веберу „Ура?!“» Я как-то не срезонировал на такой эмоциональный взрыв Дмитрия Дмитриевича. Ивар Пийр (из Эстонии), по-моему, тоже. Но факт тот, что Иваненко свято верил в открытие гравитационных волн, как и многие другие.



Профессор Дж. Вебер  
(США, 1971 г.). (Фото автора)

Как сейчас помню Вебера, идущего среди участников конференции по набережной пролива около замка Гамлета. Во всей его походке, жестах, в гордо поднятой голове — во всем чувствовалось, что это идет Победитель, первооткрыватель чрезвычайно важного явления. Многие заискивали перед Вебером. Я часто видел Брагинского возле Вебера, при этом Владимир Борисович рядом с ним выглядел как школьник возле учителя. Я сделал несколько фотографий Вебера на этой конференции, в том числе за работой по специальности: он ремонтировал испортившийся во время заседания эпидиоскоп.

Но судьба коварна и не позволяет долго упиваться лаврами победителя. Вебер получил известие о внезапной кончине жены и срочно вылетел в Америку. Все искренне ему сочувствовали. На последнем заседании участники конференции одобрили текст телеграммы с соболезнованиями Веберу.

### 7.3.2. Результаты эксперимента Брагинского

Тем временем экспериментаторы спешили наладить свои детекторы. Наиболее подготовленной оказалась экспериментальная группа профессора В. Б. Брагинского в МГУ, которой первой удалось выйти на уровень чувствительности установки Вебера ( $10^6$  эрг/см<sup>2</sup> · с) и провести серию экспериментов на двух установках, работающих в режиме совпадения. Одна установка была в подвале физфака МГУ, а другая — около церкви в Красной Пахре (ныне г. Троицк). Установки вели синхронную запись сигналов. Рассматривались только совпадающие по времени сигналы. Таких оказалось всего несколько. Более детальный анализ совпадающих сигналов показал, что они не могут быть интерпретированы порожденными одной и той же гравитационной волной, так как они существенно отличались по форме, наклонами переднего и заднего фронтов. Как мне потом рассказывали сам Брагинский и его сотрудники, они были в некоторой

растерянности, испытывали муки сомнений и нерешительности. Во всяком случае, они не спешили обнародовать свои результаты. Это случилось лишь весной 1972 года, когда они решились направить коротенькую заметку в «Письма ЖЭТФ». Заметка была составлена осторожно, избегая категоричных суждений. Все утверждения базировались лишь на уровне достигнутой ими чувствительности.

В это же время Брагинский сделал доклад о своем эксперименте на майской сессии академии наук СССР. Интерес к его сообщению был велик: результаты Вебера были поставлены под сомнение, выходило, что гравитационные волны еще не открыты. Одни приветствовали этот результат, другие огорчились, причем по разным причинам, как научным, так и околонучным.

В конце мая — начале июня Д. Д. Иваненко ездил в Италию на международный симпозиум, где был и Дж. Вебер. После Копенгагенской гравитационной конференции, где произошел конфликт, о котором будет рассказано ниже, для Д. Д. Иваненко успехи Брагинского были подобно «острому ножу в сердце». Иваненко, конечно, уже знал о выступлении Брагинского на сессии академии наук и о посланной в печать заметке. Вскоре после возвращения Иваненко из Италии, уже в первой половине июня я захожу на кафедру, а наш заведующий кафедрой профессор А. А. Соколов радостно протянул мне конверт с иностранными штампами. На его лице было разлито удовлетворение: «Вот, посмотрите, что Вебер пишет об экспериментах Брагинского». Привожу перевод письма Вебера Брагинскому:

*«Уважаемый профессор Брагинский,*

*Благодарю Вас за Ваши любезные и теплые замечания. Меня информировали о Ваших последних выступлениях на семинарах, а также о Ваших письмах в ЖЭТФ. Я глубоко озадачен Вашей репутацией и советую Вам изъять Ваши письма из редакции ЖЭТФ, и чем скорее, тем лучше.*

*В прилагаемом препринте указано, что совпадения между детекторами с базой в 1000 км. получены теперь компьютерами с помощью магнитной записи без привлечения рук человека. Предположения, что источниками сигналов являются тяжелые фотоны или возмущения магнитного поля, были исследованы и отвергнуты физиками Белловской лаборатории. Они сконструировали радиоантенны в Арагонской национальной лаборатории, а также в Белловских лабораториях. Их наблюдения исключили возможность магнитных эффектов. Они также провели эксперимент с разделенными детекторами, наблюдая за эффектами тяжелых фотонов, опять решительно с отрицательными результатами. Более того, я измерил уровень совпадений для двух детекторов гравитационного излучения в одной и той же комнате и нашел его тождественным с уровнем совпадений для детекторов, разнесенных на 1000 км. Все электромагнитные явления, обуславливающие сигналы в сильно разнесенных приемниках, должны давать большие эффекты для двух детекторов, находящихся в одном месте. Эти и другие эксперименты доказывают,*

что сильно разнесенные детекторы имеют совпадения, вызванные не сейсмикой и не эффектами электромагнитного или космического излучения.

Я наблюдал совпадения в течение двух лет до того, как опубликовал результаты, и надеюсь, что Вы проявите осторожность, чтобы избежать заполнения литературы ненужными противоречивыми результатами.

Благодарю Вас, искренне Ваш Дж. Вебер, профессор физики.

7 июня 1972 г.

Копии: Х. Ластеру, Р. А. Форрелу, К. Торну, Д. Иваненко».

Выждав, когда я прочитаю письмо, Соколов со злорадством сказал: «Видите, что пишет Вебер Брагинскому: не засоряйте литературу сырыми результатами!?»

Соколов знал, что я был на стороне Брагинского, сразу поверив в отрицательный результат его эксперимента. И дело было вовсе не в субъективных моментах. Мне представлялись нереальными претензии Вебера на открытие гравитационных волн. Об этом могу судить со знанием дела, поскольку в то время очень внимательно следил за теоретическими работами по обоснованию возможности приема гравитационного излучения. Ведь это был классический аспект исследуемой тогда мною проблемы квантования гравитации. Если существуют гравитоны, то есть и гравитационные волны, и наоборот, точно так же, как фотонам соответствуют электромагнитные волны. В написанном мною обзоре «Квантовая теория гравитации» в «Эйнштейновский сборник-1972» (опубликован в 1974 году) были приведены графики с изображением диапазонов частот гравитационного излучения от всех мыслимых и немыслимых на тот момент источников излучения. Там же были собраны оценки ожидаемых мощностей их излучения. Из этого материала было хорошо видно, что «открытие» гравитационных волн Вебером в указанном диапазоне является слишком невероятным везением. Но все же, чем, как говорится, черт не шутит.

219



В. Б. Брагинский и Дж. Вебер на 6-й международной гравитационной конференции в Копенгагене (1971 г.). (Фото автора)



Профессор В. Б. Брагинский (1976 г.). (Фото автора)

Для Брагинского это был критический период. Можно себе представить его состояние в единоборстве с признанным корифеем, да еще в таком окружении. Но была и поддержка. Сам Брагинский мне рассказывал о своем выступлении в академии наук с изложением результатов эксперимента. В первом ряду сидел и внимательно слушал, выставив слуховой аппарат, академик В. А. Фок. Когда Брагинский закончил, Фок встал и на виду всего зала его обнял и расцеловал.

### 220 7.3.3. Судьба «открытия» гравитационных волн

Шли месяцы, неопределенность с гравитационными волнами сохранялась. Спустя примерно год стали поступать сведения о предварительных результатах других экспериментальных групп, сначала из США, затем из Англии, ФРГ, Италии. Почти все результаты были отрицательными. Конечно, были и сомнительные сигналы, требовалась дополнительная проверка и их тщательный анализ. Но в конце концов стало ясно, что это были посторонние шумы. Постепенно научное общественное мнение пришло к выводу, что гравитационные волны пока не обнаружены.

А что же Вебер? Он продолжал настаивать на открытии, но постепенно с каждым годом категоричность его утверждений ослабевала и к концу 70-х годов он уже говорил о приеме каких-то сигналов, уже не настаивая, что это именно гравитационные волны.

Максимум интереса к проблеме обнаружения гравитационных волн пришелся на середину 70-х годов. Как раз в то время в июле 1976 года в Минске состоялась 4-я Советская гравитационная конференция. На эту конференцию В. Б. Брагинский пригласил ведущих зарубежных экспериментаторов по поиску гравитационного излучения. Приехали Р. Дривер (университет в Глазго, Англия), Д. Дагласс (Рочестерский университет, США), В. О. Гамильтон (Луизианский университет, США), Г. Пицелла (Институт им. Маркони в Риме), Б. Бертоtti (университет в Павии, Италия) и другие. Получилась очень представительная секция по гравитационному эксперименту. Состоялось обстоятельное обсуждение сло-

жившейся в этой области ситуации. Я не буду касаться многочисленных технических деталей. Все были единомышленны в том, что гравитационные волны пока не обнаружены. В кулуарах говорили даже так: «Вебер гравитационные волны не открыл, но зато открыл источники финансирования их исследований».



Профессор П. Бергман (США, 1976 г.).  
(Фото автора)

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 примерное время: к 1980 году. Драйвер и другие экспериментаторы надеялись, что им удастся открыть волны чуть позже, к 1982 году. 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, поскольку 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, другого бывшего сотрудника А. Эйнштейна. 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!»<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Эйнштейновский сборник-1972. М.: Наука, 1974. С. 26.

## Глава 8

# Геометрическое миропонимание и метафизика

*Метафизические идеи не доказываются. Это предположения, которые принимаются, если из них вытекают интересные выводы, — как аксиомы, которые сами по себе не подлежат верификации, но следствия которых могут быть истинными в одной какой-то области (и ложными — в другой).*

Г. Померанц

*Я считаю себя обязанным пользоваться концепциями, теориями как биноклем и микроскопом, но не отождествлять себя с гиперболами и литотами теории... Концепции — инструменты для исследования, а не сама истина... Трансубъективное и трансобъективное Целое не дается прямо в руки, а приходится дополнять один неполноценный подход другим<sup>1</sup>.*

Г. Померанц

Возникновению почти всех физических теорий предшествовало накопление экспериментального материала. В случае же общей теории относительности и ее обобщений число гравитационных экспериментов очень мало. Теоретически ожидаемые эффекты гравитационного излучения столь слабы, что их обнаружение было за пределами возможностей эксперимента того времени. Кроме того, до сих пор не известно, как далеко можно переносить методы электродинамики (особенно квантовой) на случай гравитации. В этих условиях физику-теоретику не оставалось ничего другого, как придерживаться тех или иных соображений логического или философского (метафизического) характера.

Что же дали исследования и дискуссии отечественных гравитационистов в 60–70-х годах для понимания сути всей геометрической парадигмы и ее места среди других метафизических парадигм в физике XX столетия? Попробуем разобраться в этих вопросах.

---

<sup>0</sup> Померанц Г. Выход из трансa. М.: Юрист, 1995. С. 20.

<sup>1</sup> Там же. С. 242.

## 8.1. Что такое гравитация?

В среде физиков-гравитационистов, не ограничивающихся решением глубоко математических или прикладных задач в рамках ОТО, основные дискуссии разгорались по проблемам гравитационных волн, квантования гравитации и по вопросам построения единой теории поля, включая источники полей. Эти вопросы неминуемо выводили на обсуждение природы гравитационных взаимодействий. Согласно приведенной в первой главе классификации все эти проблемы относятся к третьей и седьмой составляющим геометрической парадигмы.

Типичная для того времени дискуссия между ведущими советскими учеными о сущности гравитации разгорелась на всесоюзном симпозиуме «Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии», который состоялся в мае 1964 года в Киеве. Четко обозначились три основные позиции, прозвучавшие в докладах А. З. Петрова, М. Ф. Широкова и Д. Д. Иваненко.

### 8.1.1. А. З. Петров: гравитация — особый вид материи

Профессор А. З. Петров считал, что гравитация представляет собой *особый вид материи*: «Поле гравитации — это особый вид материи, которая, как таковая, проявляет себя в движении и „не может двигаться иначе, как в пространстве и во времени“<sup>2</sup>. Поэтому при рассмотрении современного состояния учения о поле гравитации, необходимо особенно выукло подчеркнуть, в противоположность с пониманием этого вопроса в классической механике, специфику гравитационного поля как особого вида материи, связь этого вида материи с формами своего существования и то общее, что имеется у него с другими видами материи»<sup>3</sup>.

Эта позиция Петрова на самом деле далеко не однозначна. Судя по всему, А. З. Петров понимал гравитацию как особый вид материи, соответствующий лишь гравитационным волнам, которые, как он ожидал, описываются специальными подтипами его алгебраической классификации пространств Эйнштейна.

Однако данный подход можно было понимать и более широко, — в духе ожиданий Клиффорда и Эйнштейна, — как признание того, что



Профессор А. З. Петров

<sup>2</sup> Ленин В. И. Соч. Т. 14. С. 162.

<sup>3</sup> Петров А. З. Современное состояние развития теории гравитационного поля // Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии. Киев: Наукова думка, 1965. С. 30.

геометрией описывается вся материя, из которой образуются все ее виды, в том числе и источники всевозможных полей. В своих более поздних статьях и выступлениях Петров это осознал и даже стал рисовать таблицы, в которых предлагал классификацию геометрических теорий по четырем видам:

1. Теории, в которых поля и геометрия не идентифицируются.
2. Теории, где только поле гравитации идентифицируется с геометрией пространства-времени.
3. Теории, в которых все поля идентифицируются с геометрией пространства.
4. Теории, в которых геометрия описывает лишь свойства пространства-времени.

Скорее всего, Петров относил себя к сторонникам второго типа теорий. Он писал: «Основная идея Эйнштейна — возможность искривленного, неплоского пространственно-временного многообразия — привела к большому количеству новых теорий. Некоторые из них заслуживают внимательного анализа, но в настоящий момент, несомненно, среди всех таких теорий *центральное место занимает общая теория относительности* и пока только она дает хорошее согласие с опытом, к сожалению, пока недостаточным»<sup>4</sup>.

224

Теории третьего типа (т. е. седьмую составляющую геометрического миропонимания по нашей классификации) Петров всячески критиковал и относил к «формально-математическим спекуляциям», считая, что «до сих пор попытки построения единых теорий представляли собой классический пример попыток с негодными средствами. Такие теории, если они возможны, требуют более тонкого анализа существа вопроса и неперенного экспериментального исследования»<sup>5</sup>.

Позднее, возвращаясь к этому вопросу, он пришел к следующему выводу: «На этом пути очень важным является правильное философское осмысление физической постановки вопросов, что влияет прямо-таки конструктивно на построение теории (например, едва ли будет приемлемой топологическая „единая теория“ Уилера, содержащая в своей основе смешение философских категорий материи и пространства-времени, формы и содержания). Поэтому творческое содружество физиков и философов в разработке проблемы гравитации представляется необходимым»<sup>6</sup>.

Но в центре всех проблем гравитации Петров видел проблему гравитационных волн: «Можно думать, что главное направление — это *тео-*

<sup>4</sup> Петров А. З. Гравитация и пространство-время // Пространство, время, движение. М.: Наука, 1971. С. 172–174.

<sup>5</sup> Петров А. З. Современное состояние развития теории гравитационного поля // Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии. Киев: Наукова думка, 1965. С. 37.

<sup>6</sup> Петров А. З. Гравитация и пространство-время. С. 189.

ретику-экспериментальное решение проблемы гравитационных волн, так как именно в этом вопросе скрещиваются все трудности и главные линии развития теории. Можно заранее предвидеть, что это отнюдь не простая задача, а в случае ее решения она будет по принципиальной значимости вполне сравнима с открытием электромагнитных волн Герцем. Как показали последние конференции по гравитации, на первый план выходят такие проблемы, как проблема квантования гравитации, тесно связанная с предыдущей задачей и рядом других проблем гравитации»<sup>7</sup>.

### 8.1.2. М. Ф. Широков: гравитация — это форма существования материи

Профессор М. Ф. Широков в своем выступлении на симпозиуме, а потом в статье для сборника по материалам конференции<sup>8</sup> остро ставил вопрос: «Является ли инерция и гравитация материей или формой существования материи?» — и в своем выступлении прямо и лаконично ответил на него: «*Инерция и тяготение — это формы существования материи, а не материя*».

Приступая к обоснованию своей позиции, он говорил: «Этот вопрос имеет два аспекта — философский и физический, которые, конечно, между собою тесно связаны. С точки зрения философской при ответе на поставленный вопрос возникает необходимость более точного определения и разграничения философских категорий „форма существования материи“ и „материя“... В соответствии с известным определением диалектического материализма будем считать пространство и время формой существования материи. При рассмотрении же вопроса о материальности физических объектов — полей и частиц — будем считать их материальными, если они имеют неравные нулю массы и энергии, подчиняющиеся законам сохранения».

Далее Широков опирался на тот факт, что для всех материальных полей (массивных частиц, электромагнитного поля и других) можно построить настоящий тензор энергии-импульса, удовлетворяющий законам сохранения, тогда как для гравитации такового не существует. Вводимые многими псевдотензоры энергии-импульса гравитационного поля зависят



Профессор М. Ф. Широков  
(1964 г.). (Фото автора)

<sup>7</sup> Петров А. З. Гравитация и пространство-время. С. 189.

<sup>8</sup> Широков М. Ф. Является ли инерция и гравитация материей или формой существования материи? // Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии. Киев: Наукова думка, 1965. С. 194–206.

от выбора координатных систем и поэтому преобразованиями координат в любой точке могут быть обращены в нуль. В этом плане обычно проводимая аналогия между гравитацией и электромагнетизмом некорректна: «В ОТО инерциальные и гравитационные поля, не являясь силовыми, описываются некоторыми правильными геометрическими тензорами — метрическим и кривизны, — отражающими свойства пространства-времени и выбор координатных сеток в нем. Таким образом, в ОТО инерция и гравитация являются полями геометрических величин пространства-времени и потому, как и само пространство-время, — суть формы существования материи, а не материя»<sup>9</sup>.

Из позиции Широкова вытекал ряд существенных следствий. Прежде всего, это касалось проблемы экспериментального обнаружения гравитационных волн. Он писал: «Нам кажется, что научное значение ожидаемых результатов подобного рода опытов некоторыми учеными крайне переоценивается... Положительный результат таких опытов не будет доказывать материальности гравитационных волн, а лишь обнаружит их геометрическую природу и существование кривизны физического пространства в местах, где имеется гравитационное поле. Нам представляется, однако, что констатация этой кривизны может быть осуществлена другими более простыми и убедительными опытами, чем эксперименты с гравитационными волнами»<sup>10</sup>.

226

Данное понимание, естественно, распространялось и на квантование гравитации, в частности, на введение квантов гравитационного поля (гравитонов) и на его отношение к расчетам эффектов гравитационных трансмутаций элементарных частиц: «Может ли материя превращаться в пространство и время или наоборот? Отрицательный ответ на этот вопрос представляется несомненным с точки зрения диалектического материализма. В самом деле, пространство и время — суть формы существования материи, и потому превращение материи в пространство и время было бы равносильно превращению объекта в его форму»<sup>11</sup>.

Процессы превращения гравитационных волн или гравитонов в материальные частицы и обратно Широков считал «невозможными прежде всего с точки зрения самой ОТО. Действительно, гравитационные волны, сосредоточенные в пространстве без материи, описываются решениями уравнений тяготения Эйнштейна, в правой части которых тензор энергии-импульса материи повсюду равен нулю; для электронов же и позитронов даны принципиально другие решения уравнений тяготения, в правой части которых имеется неравный нулю тензор энергии-импульса материи. Процессы превращения частиц в гравитационные волны или этих волн в частицы равносильны переходам двух принципиально разных решений

<sup>9</sup> Широков М. Ф. Является ли инерция и гравитация материей или формой существования материи? С. 198.

<sup>10</sup> Там же. С. 202.

<sup>11</sup> Там же.

уравнений тяготения друг в друга, что математически невозможно»<sup>12</sup>. Это, действительно, довольно веский довод.

Конечно, доводы Широкова не снимают с повестки дня проблему совмещения принципов ОТО и квантовой теории, однако заставляют на нее взглянуть под иным углом зрения. Вот что об этом говорил сам Широков: «Поскольку гравитация сводится к особой геометрии пространства-времени с кривизной, отличной от нуля, то нам представляется разумным учитывать ее при квантовании только путем формулировки рецептов квантования в криволинейных координатах»<sup>13</sup>.

От себя добавлю, что при данном подходе к гравитации на первый план выдвигается ряд вопросов принципиально иного типа (см. об этом в главе 5). Строго говоря, эти проблемы естественней рассматривать в рамках не геометрической, а реляционной парадигмы. И здесь прослеживается прямая аналогия взглядов М. Ф. Широкова с соображениями, высказывавшимися в свое время Я. И. Френкелем.

Позиция Широкова оказалась несовместимой с глобальной программой геометризации всей физики, выдвинутой В. Клиффордом, А. Эйнштейном, и Дж. Уилером. Широков задавался вопросом: «Возможен ли мир как пространство-время без материи?» и отвечал на него следующим образом: «Если бы такая картина мира оказалась соответствующей действительности, то мир был бы только пространством-временем, не содержащим материи, а процессы в нем были бы изменениями геометрических величин в разных местах пространства и функции времени. Чисто геометрическая теория физических явлений в таком мире и была бы идеальной единой теорией поля. С точки зрения диалектического материализма такая всеобъемлющая теория невозможна, ибо мир, как природа в целом, не может быть только пространством-временем без материи, т. е. формой существования материи без самого содержания — материи. Поэтому с позиций философии попытка построения универсальных единых теорий поля бесперспективна. Правильность этого, в сущности, подтверждается бесплодностью многочисленных вариантов единых теорий поля»<sup>14</sup>.

Это отрицательное отношение Широкова к седьмой составляющей геометрической парадигмы вовсе не распространялось на шестую: «Из бесплодности попыток построения единых теорий поля отнюдь не вытекает, что геометрией реального физического пространства является только риманова геометрия. Возможно, что на малых расстояниях в микромире имеет место более общая геометрия, чем Римана, например с кручением и даже с большим числом измерений. Поэтому дальнейшие обобщения геометрии за риманову могут быть вполне разумны, если они будут опираться на опытно наблюдаемые факты и в них не будет изгоняться из пространства материя, как это делается в единых теориях поля».

<sup>12</sup> Широков М. Ф. Является ли инерция и гравитация материей или формой существования материи? С. 203.

<sup>13</sup> Там же. С. 204.

<sup>14</sup> Там же. С. 205.

Широков большое внимание уделял выявлению причин (истоков) рассмотрения гравитации как вида материи, усматривая здесь смешение разных парадигм: геометрической и более привычной триалистической (ньютоновой) парадигмы, опирающейся на априорно заданное плоское пространство-время и частицы с полями, вкладываемые в него извне. Он писал: «Исходя из них и из принципиальных соображений, нам представляется более предпочтительной точка зрения ОТО».

На философской конференции в Киеве Михаил Федорович оказался в меньшинстве: его позиция практически никем не была поддержана. Против него выступила даже его собственная жена, доцент Московского авиационного института Фрадкина.

### 8.1.3. Д. Д. Иваненко: гравитация — частично материя, частично форма существования материи

Профессор Д. Д. Иваненко заявил, что *гравитация — частично новый вид материи, частично — форма существования материи*. Это утверждение опиралось на представленную им картину мира: «Физическую реальность разумно разделить на следующие категории: 1) пространство ( $R$ ), 2) время ( $T$ ), 3) „обычную“ материю ( $M$ ), 4) гравитацию ( $G$ ). К ним мы добавим 5) космологические обстоятельства ( $C$ ), имея в виду явления, связанные специфически со всей известной Вселенной.

228

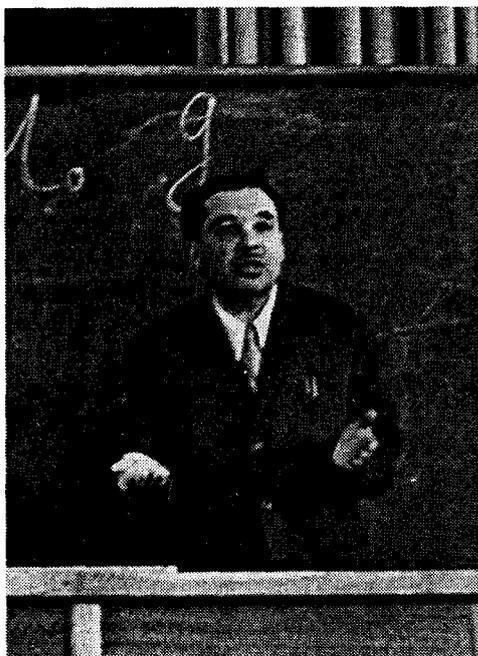
Выделение пространства и времени не вызывает сомнения, выделение же гравитации можно пока рассматривать как чисто феноменологическое, типа, например, прежнего разбиения материи (приставку „обычная“ будем опускать) на частицы с массой покоя и лишенные ее. Максимально объединенная теория, или картина мира, должна стараться, следовательно, не только дать единую теорию элементарных частиц и их возбужденных состояний — резонансов (из которых строятся ядра, атомы, молекулы, затем планеты, обычные звезды и др.), но также включить гравитацию; затем установить наиболее тесную связь с пространством и временем; наконец, необходимо построить не локальную, но „естественную“ картину мира, отвечающую космологическим фактам, в частности расширению Вселенной, с преимущественной концентрации частиц, а не античастиц»<sup>15</sup>.

Из приведенного высказывания следует, что Иваненко в своем видении мироздания исходил не из геометрической парадигмы, как это делали Эйнштейн или Уилер, а из теоретико-полевой парадигмы, в рамках которой строилась квантовая теория поля.

Замечу, что когда во время своего выступления Иваненко попытался солидаризоваться с позицией Петрова, предположив, что он думает примерно так же, тот ответил: «Ни в коем случае!»

Рассмотрим трактовку пяти категорий, выделенных Иваненко.

<sup>15</sup> Иваненко Д. Д. Возможности единой теории поля // Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии. Киев: Наукова думка, 1965. С. 43–44.



Профессор Д. Д. Иваненко (1964 г.). (Фото автора)

229

1. *Пространство и время ( $R-T$ ):* «Известно, что  $R$  и  $T$  были объединены в рамках СТО и что в рамках эйнштейновской ОТО гравитация оказалась истолкованной, как искривление пространства-времени (риманова геометрия), вызываемое любыми видами материи и самим гравитационным полем».

2. *Обычная материя ( $M$ ),* включающая (независимо от теории гравитации и геометрии) все известные на тот момент времени элементарные частицы, согласно Иваненко, позволяет выделить нескольких этапов построения физической картины мира.

- 1) Классическая механистическая картина мира (XVII–XIX вв.).
- 2) Электромагнитная релятивистская картина конца XIX – начала XX в.
- 3) «Геометрическая единая теория (20-е годы XX в.), базировавшаяся на ОТО и связанная с попытками объединить гравитацию с электромагнетизмом в рамках какой-то более общей, неримановой геометрии (закрученное пространство, пятимерия, несимметричная метрика, обобщенная связность и т. д. — Эйнштейн, Вейль, Калуца, Эддингтон и др.); эти попытки окончились неудачей, так же как попытки того времени вывести квантовые явления из геометрических соображений»<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Иваненко Д. Д. Возможности единой теории поля. С. 45–46.

- 4) «Мы стоим нынче перед задачей построения единой теории, учитывающей с самого начала как атомно-квантовые, так и гравитационные и космологические обстоятельства, речь идет о своего рода четвертой программе единой картины мира».

3. *Гравитация (G)*: «Что можно сейчас сказать о месте гравитации в единой теории, сверх эйнштейновской ОТО? На наш взгляд, рамки последней уже слишком узки и следует произвести существенное обобщение ОТО в разных направлениях». Далее Иваненко перечислял перспективные, на его взгляд обобщения. Таковыми являлся переход от метрической формулировки ОТО к тетрадной, развитие калибровочной теории гравитации, использование кручения и т. д.

Но самым важным направлением он считал обобщение ОТО в сторону ее квантования: «Гравитационное поле необходимо проквантовать, что приводит, в частности, к предсказанию возможности взаимных превращений гравитонов и обычной материи. Это особенно ясно показывает необходимость совместной трактовки гравитации и обычной материи (Иваненко, Соколов, Пийр, Владимиров, Уилер—Брилл и др.)».

«Так или иначе, подобные трансмутации с новой, квантовой стороны связывают „обычную“ материю с гравитацией и пространством-временем и предсказывают также в этом отношении выход за рамки слишком узкой не-квантованной эйнштейновской гравитодинамики, настойчиво диктуя необходимость построения объединенной теории всей физической реальности»<sup>17</sup>.

Позиция Иваненко в значительной степени навеяна часто проводимой прямой аналогией между гравитацией и теорией электромагнитного поля, в которой, как известно, компоненты электромагнитного потенциала можно разделить на продольную и поперечные части. Продольная часть описывает кулоновское поле, а поперечная часть — электромагнитные волны (фотоны).

4. *Космология и микромир (C)*. Здесь Иваненко выделял факторы расширения Вселенной, преимущество частиц над античастицами, а главное, опять задавался вопросом о связи космологии с квантованием. Он писал: «Спрашивается, являются ли эти обстоятельства связанными между собой и с коренными квантовыми свойствами элементарных частиц? Максимально объединенная, естественная картина мира должна дать ответ на эти трудные вопросы, перед которыми беспомощна эйнштейновская гравитодинамика, по-видимому, способная претендовать на описание гравитации и обычной материи в основном в не-квантовом пределе, притом лишь в масштабах примерно галактики»<sup>18</sup>.

В те годы наблюдался бум исследований по проблемам квантования гравитации, включая работы таких всемирно известных физиков как Р. Фейнман, П. Дирак, Б. ДеВитт и многих других. Близких позиций придерживалось большинство физиков.

<sup>17</sup> Иваненко Д. Д. Возможности единой теории поля. С. 52.

<sup>18</sup> Там же. С. 53.

#### 8.1.4. Некоторые выводы

Сравним изложенные здесь позиции трех ведущих теоретиков-гравитационистов, исходя из семи названных в первой главе составляющих геометрического миропонимания. (Позиции других релятивистов в какой-то степени к ним приближались.)

Относительно двух первых составляющих (геометризации гравитации и применения ОТО к космологии) как в мировом, так и в отечественном гравитационном сообществе наблюдалось большее или меньшее единодушие. Отдельные нюансы в позициях не меняли существа дела. Все считали теорию гравитационных взаимодействий и общую теорию относительности синонимами. По вопросам космологии различия наблюдались в понимании того, до каких масштабов можно распространять закономерности ОТО.

По четвертой и пятой составляющим, т. е. по вопросам геометризации электромагнитного и других бозонных полей переносчиков взаимодействий, особых дискуссий в то время не возникало, поскольку в исследованиях этого направления было временное затишье. Тем не менее все три автора упомянули исследования по многомерию.

Так, М. Ф. Широков в 60-е годы допускал, что «на малых расстояниях в микромире имеет место более общая геометрия, чем Римана, например с кручением и даже большим числом измерений». Однако он не связывал увеличение размерности с описанием негравитационных взаимодействий.

А. З. Петров считал, что в многомерных и иных «такого рода теориях затушевывается, а иногда становится просто неуловимым *физическое четырехмерное пространство-время как форма существования материи*. Кроме того, и это особенно важно, все существующие единые теории не вышли за рамки отвлеченных теоретических построений, не привели к сколько-нибудь значительным открытиям или следствиям, допускающим экспериментальную проверку. Их эвристическое значение равно нулю»<sup>19</sup>. Однако хочется спросить, а электромагнетизм или слабые взаимодействия разве не «допускают экспериментальную проверку»? Что касается «неуловимости» классического 4-мерного пространства-времени, то здесь Петров также был не прав: электромагнитное поле как раз и возникает из проецирования 5-мерных выражений на 4-мерное пространственно-временное сечение.

Д. Д. Иваненко, хотя и критиковал 5-мерие в ряду других обобщений эйнштейновской теории гравитации, считал, что они «окончились неудачей», однако на своих семинарах и в некоторых работах более терпимо относился к 5-мерию. Так, в «Квантовой теории поля» он писал: «Пятая координата, введенная сперва чисто формально, очевидно, не без пользы может применяться для объединенной записи различных уравнений и

<sup>19</sup> Петров А. З. Современное состояние развития теории гравитационного поля. С. 36.

может помочь установлению каких-то общих уравнений „генерального“ поля мезонов и других частиц»<sup>20</sup>.

Несмотря на подобное отношение ведущих отечественных гравитационистов к 5-мерию, мной вместе с учениками были начаты исследования в этой области. Внимательно проанализировав возражения Эйнштейна и других классиков релятивизма первой трети XX века, а также высказывания отечественных авторов, мы убедились, что ни одно из них не является непреодолимым.

Как уже отмечалось, мы вышли на эту проблему, исходя из решения чисто внутренней задачи в рамках стандартной ОТО. Нам необходимо было разобраться в соотношении понятий координатных систем и систем отсчета. Это важный вопрос классической ОТО. Но данная проблематика оказалась тесно связанной с пониманием квантования гравитации и с описанием фундаментальных физических взаимодействий. Более того, отсюда открывается выход на более глубокий анализ оснований теории классического пространства-времени. Оказалось, что в микромире уже следует говорить о пространственно-временных отношениях больших размерностей, причем постепенно с переходом от электромагнитных к слабым и сильным взаимодействиям вскрываются все большие размерности, которые уже обладают новыми, неклассическими свойствами выделенности и компактификации. Но и это еще не все. Ю. Б. Румер предпринял многообещающую попытку связать замкнутость по пятой координате (действия) с квантовомеханическими закономерностями.

Шестая составляющая, т. е. возможность каких-то физических проявлений обобщенных геометрий, всеми имелась в виду, и не высказывалось никаких возражений против их исследований.

Принципиальное различие мнений проявилось по вопросам третьей составляющей (квантованию гравитации). Как было видно, позиции Иваненко и Широкова диаметрально противоположны. Позицию Петрова я бы назвал осторожной, выжидательной. В его группе непосредственно этой проблемой не занимались.

Подобный плюрализм мнений тогда воспринимался в нашей стране как парадокс. Молодежь была воспитана в убеждении однозначности научного подхода. Теперь же становилось непонятным, что должны отвечать студенты на экзаменах: «гравитация — особый вид материи» или «гравитация — форма существования материи», или «гравитация — частично новый вид материи, частично — форма существования материи»? Но если бы все ограничивалось лишь учебными проблемами? Занятые позиции определяли постановку задач, приоритеты ведущихся исследований и ожидаемые результаты. Важное и существенное для сторонников одних взглядов могло оказаться бессмысленным для других.

<sup>20</sup> Соколов А., Иваненко Д. Квантовая теория поля. М.; Л.: Гос. изд-во тех-теор. лит-ры, 1952. С. 610.

Какими-либо логическими построениями опровергнуть позиции сторонников любой из названных трех точек зрения было так же невозможно, как убедить христианина в том, что ислам или буддизм лучше.

Принципиальное единодушие проявлялось в оценке седьмой составляющей. Как правило, отмечалась желательность построения единой обобщенной теории, однако все сходилось во мнении, что этого нельзя достичь в рамках классической экстремальной геометрической парадигмы Клиффорда—Эйнштейна—Уилера. Так или иначе физики-теоретики соглашались, что построить единую теорию лишь в рамках геометрии как формы существования материи без самой материи не удастся.

## 8.2. Метафизический анализ геометрического миропонимания

Философские дискуссии тех лет свидетельствовали о попытках ведущих отечественных ученых втиснуть осмысление сущности общей теории относительности в рамки марксистско-ленинского диалектического материализма, исходящего из примата материи, каковой является все сущее, и понимания классического пространства-времени как формы ее существования. Внедряемая в сознание исследователей философия фактически строилась на двух категориях: материи и ее формы существования, из которых первая считалась, безусловно, доминирующей. Для того чтобы соответствовать господствующей философии, теоретикам необходимо было как-то втиснуть гравитацию в эти две категории.

### 8.2.1. Метафизическая тринитарность вместо дихотомии

Любопытно проанализировать как выделяемые физиками категории, — пространство-время, гравитация, бозонные физические поля (электромагнитное и другие) и источники этих полей (электроны, протоны, тела и т. д.), — соотносились с двумя философскими категориями: материей и формой ее существования.

В работах Широкова к форме существования относились пространство-время и гравитация (объединенные в ОТО), а к материи — все остальное, т. е. электромагнитное, другие бозонные поля и источники этих полей (фермионные частицы, тела). Строго говоря, именно так и обстояло дело в эйнштейновской ОТО.

Иваненко трактовал форму существования как включающую пространство-время и только частично гравитацию. Все остальное, в том числе и частично гравитация (поперечно-поперечные компоненты метрики), считалось материей.

Петров рассматривал форму существования только как пространство-время, а все остальное, в том числе и вся гравитация, считалось материей.

Заметим, что в многомерных геометрических теориях типа теории Калуцы геометризуются все бозонные поля, т. е. к форме существования следовало бы отнести пространство-время, объединенное со всеми

бозонными полями переносчиков взаимодействий. К самой же материи относятся негеометризуемые источники, например, спинорные частицы.

Поскольку все отечественные ученые относили себя к сторонникам марксистско-ленинского диалектического материализма (а иначе тогда себя нельзя было позиционировать), то сложившаяся ситуация свидетельствовала о бессилии этого философского учения помочь разобраться в принципиально важных вопросах одного из ключевых разделов теоретической физики XX века.

Невольно возникает вопрос: Насколько плодотворна опора на дихотомию категорий в современной физике? В предыдущей книге уже говорилось, что как в науке, так и в окружающей жизни более важную роль играет не двоичность, а троичность. Более того, некоторые авторы даже утверждают, что опора на дихотомию оказывается убийственной в долгосрочной перспективе. Анализ содержания фундаментальной физики также приводит к выводу о **необходимости возведения тринитарности в ранг одного из основных метафизических принципов**. Непредвзятые размышления о содержании физических теорий показывают, что в их основе лежат *три ключевые физические категории: пространство-время, тела (частицы) и поля переносчиков взаимодействий*. Действительно, в физике рассматриваются частицы (тела), которые находятся не иначе, как в пространстве-времени и взаимодействуют друг с другом через поля.

234 Все физические теории и программы, как уже отмечалось во Введении, различаются пониманием соотношения этих трех физических категорий (см. об этом более подробно в заключительной главе первой книги данной серии). Там же было отмечено, что в XX веке фундаментальная теоретическая физика развивалась по пути перехода от названных трех физических категорий к двум обобщенным, так или иначе заменяющим (объединяющим в себе) пары исходных ключевых категорий. Напомним, что в охарактеризованных выше позициях трех физиков-теоретиков также фактически речь шла об объединении введенных авторами пар категорий в ту или иную философскую категорию.

Если исходить из трех названных ключевых физических категорий, то имеются три способа объединения пар категорий в одну новую обобщенную с сохранением оставшейся в качестве второй. Так определяются три дуалистические метафизические парадигмы (теоретико-полевая, геометрическая и реляционная), по которым можно разделить главные физические теории и программы XX века. Так, доминировавшая в XX веке квантовая теория поля соответствовала объединению категорий частиц и полей переносчиков взаимодействий в новую обобщенную категорию поля амплитуды вероятности, которая задавалась на фоне оставшейся категории пространства-времени. Эта дуалистическая парадигма названа *теоретико-полевой*. По сути дела, именно в рамках этой парадигмы и мыслил Иваненко, относя к «обычной» материи все частицы и поля, вложенные в пространство-время как в форму существования материи.

### 8.2.2. Геометрическая парадигма

В метафизическом подходе, опирающемся на три исходные физические категории, суть общей теории относительности состоит в объединении гравитационного поля (как одного из представителей категории полей переносчиков взаимодействий) и пространства-времени в новую обобщенную категорию искривленного (риманова) пространства-времени. Частицы же (тела) не геометризуются, а составляют вторую категорию этой дуалистической парадигмы, которая учитывается правой частью уравнений Эйнштейна (тензором энергии-импульса материи). Об этом и говорил М. Ф. Широков. Так же считал Эйнштейн, характеризуя созданную им теорию.

Однако Эйнштейн остро осознавал, что ОТО составляет лишь первый этап геометризации физики. Если и далее оставаться в рамках геометрической парадигмы, то необходимо геометривать и другие поля, главным образом электромагнитное. Время показало, что эта проблема решается в рамках 5-мерной теории Калуцы, причем дальнейшее увеличение размерности позволяет геометривать и другие поля переносчиков взаимодействий. Все геометрические теории, в которых объединяются в одну новую обобщенную категорию пространство-время и поля переносчиков взаимодействий при сохранении исходной категории частиц (источников полей), относятся к *дуалистической геометрической парадигме*. Поэтому М. Ф. Широкова следует отнести к сторонникам усеченной геометрической парадигмы.

Позиция же Петрова оказалась промежуточной между геометрической и теоретико-полевой парадигмами. С одной стороны, он свято верил в геометризацию гравитации (стоял на позициях ОТО), а, с другой стороны — ставил гравитационное поле в один ряд с другими негеометризуемым полями, что следовало бы отнести к теоретико-полевой парадигме. В этом плане позиция Иваненко, которая, на первый взгляд, воспринималась промежуточной (гравитация — частично материя, а частично форма существования материи), выглядела более последовательной в рамках теоретико-полевой парадигмы. Вспомним, что Иваненко говорил, что «выделение же гравитации можно пока рассматривать как чисто феноменологическое, типа, например, прежнего разбиения материи (приставку „обычная“ будем опускать) на частицы с массой покоя и лишенные ее». Однако тот факт, что Иваненко в какой-то степени возглавил гравитационное сообщество, опиравшееся на общую теорию относительности, свидетельствовал о его понимании важности геометрической парадигмы для вскрытия некоторых свойств физического мироздания.

Вообще же господствующая в те времена дихотомия способствовала процветанию сумятицы в физических представлениях. Поэтому многие нерешенные проблемы общей теории относительности можно объяснить эклектичным смешением понятий и принципов теоретико-полевой и геометрической парадигм.

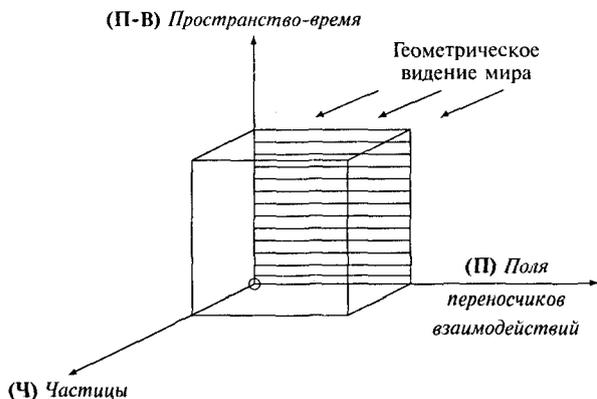


Рис. 3. Геометрическое миропонимание

Во Введении для иллюстрации соотношения метафизических парадигм (а следовательно, и классификации физических теорий и программ) приведен куб, который позволяет представить единое физическое мироздание как построенное на трех взаимно перпендикулярных осях, соответствующих трем ключевым физическим категориям: пространству-времени (П-В), частицам (Ч) и полям переносчиков взаимодействий (П). Переход к трем дуалистическим метафизическим парадигмам соответствует на рисунке замене пар осей на образованную ими грань куба при сохранении третьей оси. Таким образом, переходу к новой обобщенной категории соответствует грань куба и остающаяся неизменной третья ключевая категория (см. рис. 1). Поскольку геометрическое миропонимание опирается на обобщенную категорию искривленного пространства-времени, включающую в себя прежние категории пространства-времени (П-В) и полей переносчиков взаимодействий (П), и на отдельную категорию частиц (Ч), которая вкладывается в искривленное пространство-время, то на рис. 3 обобщенная категория изображается задней заштрихованной гранью куба, а оставшаяся категория частиц (тел) соответствует оси, направленной вперед. В соответствии с этим геометрическое миропонимание предлагается трактовать как взгляд на куб физической реальности «сзади» через грань, образованную осями категорий пространства-времени (П-В) и полей (П).

### 8.3. Геометрическое миропонимание и идеализм

В 60-е годы большинство из нас было заражено эклектикой и, как следствие, мучительным поиском решения проблем, которыми мы тогда занимались. Однако сопоставление позиций Иваненко, Петрова и особенно Широкова заставляло задуматься и искать выходы из сложившейся ситуации. Меня беспокоил также тот факт, что разделение гравитации на «особый вид материи» и «форму существования материи» в любом из представленных вариантов означало постулирование классического пространства-

времени с теми или иными свойствами. А мне представлялось, что основное внимание должно быть сосредоточено на выведении классической «формы существования» (пространства-времени) из неких более первичных свойств материи.

Знакомство с научной литературой заставило в конце концов обратить внимание на третью, реляционную, парадигму, которой придерживались Р. Фейнман, Ф. Хойл, Дж. Нарликар и другие, а у нас в стране — Я. И. Френкель. Становилось все более очевидным, что реляционный подход дает значительно больший простор для поиска решения поставленной задачи и что мои работы по квантованию гравитации — пустая трата времени. Но это меня не сильно смущало: маячившая где-то впереди истина была дороже всего, поскольку приближала к решению сформулированной сверхзадачи. И хотя мне пришлось на время уйти в сторону от намеченного курса, это помогло кое в чем разобраться.

Знакомство с третьей дуалистической парадигмой позволило ответить на актуальный в те годы вопрос: Общая теория относительности и все геометрическое миропонимание относятся к идеалистическому или материалистическому учению?

Выяснилось чрезвычайно любопытное обстоятельство, которое обычно упускается из виду как в геометрическом, так и в теоретико-полевым миропониманиях. Оказалось, что можно строить физическую теорию, не постулируя заранее классическое пространство-время в качестве самостоятельной физической категории, используя вместо него отношения между реальными событиями или между частицами. Нет событий и частиц — нет и пространства-времени. Более того, при таком подходе бессмысленно говорить о точках пространства-времени, где нет каких-либо частиц. Это означает, что *общепринятое непрерывное пространство-время является идеализированным понятием, лишь удобным для восприятия окружающего мира*, но его самого по себе в отсутствие частиц не существует. Невольно вспоминается высказывание Э. Маха: «Мы не должны считать основами действительного мира те интеллектуальные вспомогательные средства, которыми мы пользуемся для постановки мира на сцене нашего сознания»<sup>21</sup>.

Но тогда возникает законный вопрос: Что означает теория, в которой предлагается строить частицы, вводить волны того, чего в реальности нет? А ведь именно это предлагается делать в полностью геометризованной единой теории и именно так мыслили единую теорию А. Эйнштейн и Дж. Уилер. Вспомним знаменитую фразу Уилера: «Пространство-время не есть арена для физики, это вся классическая физика». Что это как не идеализм?

Совершенно правы были сторонники марксистско-ленинского диалектического материализма, квалифицируя общую теорию относительности Эйнштейна и, особенно, ее обобщения как идеалистическое учение.

<sup>21</sup> Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития. Ижевск: Ижевск. республ. типография, 2000. С. 432.

Однако это может расцениваться как вопиющий недостаток теории лишь в том случае, если мы ограничиваемся материалистическим восприятием мира, которое, как оказалось, также является односторонним взглядом на мир. Построение общей теории относительности и всего геометрического подхода продемонстрировало наличие иного взгляда на одну и ту же физическую реальность, раскрывающего ее новые свойства и закономерности.

Что же тогда произошло в 60-е годы? Как физикам удалось отстоять правомерность общей теории относительности, «доказав» ее «материалистический» характер?

Одним из возможных способов выхода из создавшейся ситуации стала позиция Широкова и Иваненко, которые объявили пространство-время и его геометрические свойства формой существования материи, что не противоречило догматам диалектического материализма.

Другой путь был избран Петровым, опиравшимся на субстанциальную трактовку пространства-времени, противоположную реляционной. Как уже отмечалось, *реляционный подход* исходит из представления, что пространство и время описывают лишь отношения между материальными образованиями (Лейбниц, Э. Мах и др.). Иное понимание пространства-времени, — *субстанциальное*, — подразумевало, что имеется первичный пространственный (пространственно-временной) материальный фон, в котором находится весь наш мир и по которому, как по поверхности воды, могут распространяться различные поля. Для идеологов марксистско-ленинского диалектического материализма достаточно было определения фона как некой пространственной субстанции, или специфического вида материи.

А если это так, то материализованное пространство-время, во-первых, можно искривить, поставив задачу из этой первичной (геометрической) материи строить и другие наблюдаемые виды материи, в том числе электроны и протоны. А во-вторых, обосновать материальность гравитационных волн, бегущих по материализованному пространству. По сути дела, так и поступал А. З. Петров и ряд других физиков.

Субстанциальный подход присутствовал и в позициях, отстаиваемых Широковым и Иваненко. Пусть Широков сомневался в существовании гравитационных волн, но он же не сомневался в распространении электромагнитных и других волн по некоему фону. Следовательно, постулируя пространство-время как самостоятельную физическую категорию, они тоже использовали идеалистическое понятие. Но в рамках марксистско-ленинского диалектического материализма это было допустимо, поскольку пространство-время трактовалось как форма существования материи.

Главное состояло в том, чтобы «не перегнуть палку» и не ограничиваться лишь понятиями пространства-времени, к чему стремились Эйнштейн и Уилер. Впрочем, уже в стандартной ОТО сплошь и рядом забывалось о материи и рассуждения велись в рамках пустого пространства-времени. Это относилось, например, к попыткам определения гравитаци-

онных волн на основе вакуумных решений уравнений Эйнштейна. Пустое пространство-время рассматривалось и в метрике Шварцшильда вне гравитирующих источников. Но и здесь у отечественных физиков было оправдание перед философами-марксистами в виде субстанциальной трактовки природы пространства-времени.

Но имелся и третий путь — всецело опереться на реляционный подход к природе пространства-времени, в котором все определяется материей и отношениями между материальными телами. Но там имеют место совершенно иные правила игры, а главное, на этом пути возникала явная угроза обвинений в махизме, поскольку именно Мах был главным приверженцем реляционной парадигмы.

## Заключение

Завершая рассказ о развитии идей геометрического миропонимания в начальный период деятельности секции гравитации при научно-техническом совете министерства высшего и среднего специального образования СССР (1960–1972 гг.), подведем итоги.

1. Создание в нашей стране сообщества физиков-релятивистов, активно работавших над проблемами общей теории относительности и смежных разделов фундаментальной теоретической физики, стало важной вехой в развитии теории гравитации. В 60-х – начале 70-х годов в нашей стране существенно изменилось отношение к общей теории относительности и вообще к геометрическому взгляду на физику. Развитие исследований в этой области физики получило официальную поддержку. За эти годы идеями общей теории относительности овладел довольно широкий круг физиков-теоретиков, было воспитано и приступило к активной деятельности новое, — пятое, — поколение релятивистов.
2. С 60-х годов основное внимание гравитационистов было сосредоточено на трех направлениях, намеченных еще в работах В. Клиффорда: 1) изучение метрик, создаваемых островными распределениями материи, 2) анализ на основе ОТО космологических моделей и астрофизических данных и 3) исследование проблемы гравитационного излучения.
3. При дефиците экспериментальных данных в этом разделе физики исследователи вынуждены были опираться на соображения метафизического характера. Здесь мы имеем в виду метафизические принципы, которые проявились в фундаментальной теоретической физике XX века, в том числе и при развитии геометрического миропонимания.
4. Одним из существенных метафизических принципов является принцип тринитарности, нарушение которого, т. е. переход к дихотомии в долгосрочной перспективе, как правило, приводит к ряду существенных трудностей. Подобные примеры легко найти как в идеологической, так и в научной сфере.
5. Поскольку характерной чертой развития фундаментальной теоретической физики в минувшем столетии явился переход от трех ключевых категорий классической физики к двум, то исследователям пришлось столкнуться с рядом проблем, обусловленных дихотомией. Прежде всего, это проявилось в том, что основные физические теории минувшего столетия — квантовая теория поля и общая теория относительности — развивались в рамках дуалистических парадигм.

6. Дихотомия проявилась также в том, что в центре внимания находились именно две дуалистические парадигмы: теоретико-полевая и геометрическая. Огромные интеллектуальные усилия были затрачены на решение проблемы квантования гравитации, т. е. на совмещение принципов квантовой теории и общей теории относительности, принадлежащих разным парадигмам.
- У Норберта Винера (1894–1964) можно найти такое высказывание: «Нынешняя физика представляет собой ряд отдельных теорий, которые еще ни одному человеку не удалось убедительно согласовать между собой. Кто-то очень хорошо сказал, что современный физик по понедельникам, средам и пятницам — специалист по квантовой теории, а по вторникам, четвергам и субботам — по теории относительности; в воскресенье он уже совсем не специалист, а просто грешник, истово молящийся Богу, чтобы он кого-нибудь вразумил, желательно, конечно, его самого, и помог как-нибудь примирить эти две теории»<sup>1</sup>. Постигшие физиков неудачи в решении этой задачи обусловлены причинами метафизического характера.
7. Переход к дуалистическим парадигмам возможен тремя способами. Кроме геометрической и теоретико-полевой имеется третья дуалистическая — реляционная парадигма, которая в минувшем столетии оказалась в тени. Существует достаточно оснований полагать, что использование дуалистических парадигм в физике диктует возвращение к принципу тринитарности, который теперь означает учет всех трех дуалистических парадигм, включая и реляционную.
8. Изложенное выше означает использование еще одного метафизического принципа — принципа дополнительности, — который в данном случае означает дополнительность не двух сторон реальности, как в квантовомеханическом принципе Нильса Бора, а трех сторон в виде трех названных дуалистических парадигм. Нельзя утверждать, что одна из этих парадигм является ошибочной. Каждая из них означает взгляд на физическую реальность под одним из трех углов зрения. С каждой из этих сторон открываются свои закономерности мироздания, которые трудно разглядеть со стороны других парадигм.
9. Многие трудности в развитии геометрического миропонимания были вызваны тем, что вскрытые в его рамках закономерности оказались принципиально иными по сравнению с представлениями в рамках теоретико-полевой парадигмы. Необходимы дополнительные данные, которые может дать анализ третьей, реляционной, парадигмы.
10. В рассматриваемый период были вскрыты не все возможности геометрической парадигмы. По ряду причин в 60-е годы оказались в тени вопросы геометризации электромагнитных и иных видов физических взаимодействий, т. е. четвертая и пятая составляющие геометрической парадигмы из семи названных в первой главе.

<sup>1</sup> Винер Н. Я — математик. М.: Наука, 1967. С. 105.

В третьей книге «Геометрическая парадигма: испытание временем» речь пойдет о дальнейшем развитии в 70–80-е годы гравитационных исследований в нашей стране, когда во главу угла фундаментальной теоретической физики были поставлены вопросы построения единой теории физических взаимодействий, включая гравитационное, и объединение принципов физики мега- и микромира. Попытки решения этих проблем заставляли пересматривать основания существующих теорий и принципы всего геометрического подхода к физике. Порой этот процесс сопровождался острыми столкновениями различных школ и отдельных исследователей.

Завершая вторую книгу из задуманной серии «Между физикой и метафизикой», приведем слова Поля Ланжевена (1872–1946), которые созвучны авторскому замыслу: «Ничто так не способствует общему развитию и формированию сознания, как знакомство с историей творческих усилий человечества в области науки, оживающих в жизнеописаниях великих ученых прошлого и в истории эволюции идей»<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Ланжевен П. Избранные произведения. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1949. С. 311.

# Основная литература

- Владимиров Ю. С.* Квантовая теория гравитации // Эйнштейновский сборник-1972. М.: Наука, 1974. С. 280–340.
- Владимиров Ю. С.* Системы отсчета в теории гравитации. М.: Энергоиздат, 1982.
- Владимиров Ю. С., Мицкевич Н. В., Хорски Я.* Пространство, время, гравитация. М.: Наука, 1984.
- Владимиров Ю. С.* Пространство-время: явные и скрытые размерности. 1-е изд. М.: Наука, 1989; 2-е изд. М.: Книжный дом «Либроком/URSS», 2010.
- Владимиров Ю. С., Демидова О. В.* Семинары по теоретической физике в МГУ как звенья вековой эстафеты // Сб. «Исследования по истории физики и механики. 2001». М.: Наука, 2002. С. 317–347.
- Владимиров Ю. С., Родичев С. В.* Воспоминания о профессоре В. И. Родичеве (к 90-летию со дня рождения ученого) // Сб. «Исследования по истории физики и механики. 2005». М.: Наука, 2006. С. 76–85.
- Владимиров Ю. С.* Метафизика. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.
- Владимиров Ю. С.* Геометрофизика. 1-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005; 2-е изд. 2010.
- Владимиров Ю. С.* Между физикой и метафизикой. Кн. 1. Диамату вопреки. М.: Книжный дом «Либроком/URSS», 2010.
- Визгин Вл. П.* Единые теории поля в первой трети XX века. М.: Наука, 1985.
- Гайденко П. П.* История греческой философии в ее связи с наукой. 2-е изд. М.: Книжный дом «Либроком/URSS», 2009.
- Гайденко П. П.* История новоевропейской философии в ее связи с наукой. 2-е изд. М.: Книжный дом «Либроком/URSS», 2009.
- Демидова О. В.* Развитие идей и координация исследований в области теории физического пространства-времени в СССР (1961–1988). Ярославль: Кандидатская диссертация, 1997. 271 с.
- Иваненко Д. Д.* Гравитация и возможности единой трактовки материи // Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии. Киев: Наукова думка, 1964. С. 27–28.
- Клиффорд В.* О пространственной теории материи // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С. 36–37.
- Клиффорд В.* Здравый смысл точных наук // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С. 38–47.
- Петров А. З.* Современное состояние развития теории гравитационного поля // Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии. Киев: Наукова думка, 1964. С. 2–26.
- Петров А. З.* Гравитация и пространство-время // Пространство. Время. Движение. М.: Наука, 1971. С. 167–189.
- Сборник «Альберт Эйнштейн и теория гравитации», посвященный 100-летию со дня рождения А. Эйнштейна. М.: Мир, 1979.

- Уилер Дж. Гравитация, нейтрино и Вселенная. М.: Изд-во. иностр. лит-ры, 1962.
- Фок В. А. Квантовая физика и философские проблемы // Физическая наука и философия. М.: Наука, 1973. С. 55–77.
- Фок В. А. Об основных принципах теории тяготения Эйнштейна // Современные проблемы гравитации. Тбилиси: Изд-во Тбил. гос. ун-та, 1967. С. 5–11.
- Фок В. А. Начала квантовой механики. 5-е изд. М.: Издательство ЛКИ/URSS, 2008.
- Фок В. А. Квантовая физика и строение материи. 2-е изд. М.: Книжный дом «Либроком»/URSS, 2010.
- Широков М. Ф. Тяготение и инерция, как формы существования материи // Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии. Киев: Наукова думка, 1964. С. 29–35.
- Эйнштейн А., Гроссман М. Проект обобщенной теории относительности и теории тяготения // Собрание научных трудов. Т. 1. М.: Наука, 1965. С. 227–266.
- Эйнштейн А. Принципиальное содержание общей теории относительности // Собрание научных трудов. Т. 1. М.: Наука, 1965. С. 613–615.
- Эйнштейн А., Бергман П. Обобщение теории электричества Калуцы // Собрание научных трудов. Т. 2. М.: Наука, 1966. С. 492–513.
- Эйнштейн А. Физика и реальность. М.: Наука, 1965.
- Эйнштейн А. Автобиографические заметки // Собрание научных трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 259–294.

## Другие книги нашего издательства:



URSS

### Теория поля и гравитация

*Сарданашвили Г. А.* Современные методы теории поля. Т. 1–4.

*Иваненко Д. Д., Сарданашвили Г. А.* Гравитация.

*Рубаков В. А.* Классические калибровочные поля. Бозонные теории.

*Рубаков В. А.* Классические калибровочные поля. Теории с фермионами. Некоммутативные теории.

*Визгин В. П.* Единые теории поля в квантово-релятивистской революции.

*Румер Ю. Б.* Исследования по пятимерной оптике.

*Румер Ю. Б., Фет А. И.* Теория групп и квантованные поля.

*Коплева Н. П., Попов В. Н.* Калибровочные поля.

*Богуш А. А.* Введение в калибровочную полевую теорию электрослабых взаимодействий.

*Богуш А. А., Мороз Л. Г.* Введение в теорию классических полей.

*Прохоров Л. В., Шабанов С. В.* Гамильтонова механика калибровочных систем.

*Гаврюсов В. Г.* Измерение и свойства пространства-времени.

### Теория относительности

*Фок В. А.* Теория пространства, времени и тяготения.

*Эддингтон А.* Теория относительности.

*Эддингтон А.* Пространство, время и тяготение.

*Эддингтон А.* Относительность и кванты.

*Вейль Г.* Пространство. Время. Материя. Лекции по общей теории относительности.

*Угаров В. А.* Специальная теория относительности.

*Сацункевич И. С.* Экспериментальные корни специальной теории относительности.

*Пименов Р. И.* Анизотропное финслерово обобщение теории относительности.

*Вильф Ф. Ж.* Логическая структура частной теории относительности.

*Вяльцев А. Н.* Дискретное пространство-время.

### Серия «Физико-математическое наследие: физика (ОТО)»

*Фок В. А.* Теория Эйнштейна и физическая относительность.

*Френкель Я. И.* Теория относительности.

*Толмен Р.* Относительность, термодинамика и космология.

*Копф А.* Основы теории относительности Эйнштейна.

*Петров А. З.* Новые методы в общей теории относительности.

*Румер Ю. Б., Рывкин М. С.* Теория относительности.

### Серия «Классики науки»

*Ньютон И.* Математические начала натуральной философии.

*Гюйгенс Х.* Трактат о свете.

*Гейзенберг В.* Избранные труды.

*Сморodinский Я. А.* Избранные труды.

*Тодхантер И.* История математических теорий притяжения и фигуры Земли.

*Циолковский К. Э.* Труды по ракетной технике.

*Гельмгольц Г.* Учение о слуховых ощущениях как физиол. основа для теории музыки.

*Дарвин Ч.* Пангенезис.

*Лукреций.* О природе вещей: Билингва.

*Бозций.* «Утешение Философией» и другие трактаты.

## Другие книги нашего издательства:



URSS

### Философия физики

- Шредингер Э.* Мой взгляд на мир. Пер. с нем.
- Борн М.* Моя жизнь и взгляды. Пер. с англ.
- Гейзенберг В.* Часть и целое (беседы вокруг атомной физики).
- Бунге М.* Философия физики.
- Рейхенбах Г.* Философия пространства и времени.
- Рейхенбах Г.* Направление времени.
- Уитроу Дж.* Естественная философия времени.
- Джеммер М.* Понятие массы в классической и современной физике.
- Визнер Э.* Инвариантность и законы сохранения. Этюды о симметрии.
- Аксенов Г. П.* Причина времени.
- Марков М. А.* О трех интерпретациях квантовой механики.
- Севальников А. Ю.* Интерпретации квантовой механики: В поисках новой онтологии.
- Бранский В. П.* Теория элементарных частиц как объект методологического исследования.
- Минасян Л. А.* Единая теория поля. Опыт синергетического осмысления.
- Минасян Л. А.* Иммануил Кант и современная космология.
- Захаров В. Д.* Физика как философия природы.
- Овчинников Н. Ф.* Принципы сохранения.
- Сачков Ю. В.* Научный метод: вопросы и развитие.
- Койре А.* Очерки истории философской мысли.
- Бриллюэн Л.* Научная неопределенность и информация.
- Визгин В. П.* Идея множественности миров: Очерки истории.
- Кузнецов Б. Г.* Беседы о теории относительности.
- Кузнецов Б. Г.* История философии для физиков и математиков.
- Кузнецов Б. Г.* Физика и экономика.
- Кузнецов Б. Г.* Основы теории относительности и квантовой механики в их историческом развитии.
- Кузнецов Б. Г.* Ценность познания. Очерки современной теории науки.
- Кузнецов Б. Г.* Принцип дополнительности.
- Серия «Физико-математическое наследие: физика (философия физики)»
- Кузнецов Б. Г.* Развитие физических идей от Галилея до Эйнштейна.
- Кузнецов Б. Г.* Развитие научной картины мира в физике XVII—XVIII вв.
- Кузнецов Б. Г.* Разум и бытие.
- Кузнецов Б. Г.* Принципы классической физики.
- Грюнбаум А.* Философские проблемы пространства и времени.
- Кассирер Э.* Теория относительности Эйнштейна.
- Лазарев П. П.* Физические основания принципа относительности.
- Грибанов Д. П.* Философские взгляды А. Эйнштейна и развитие теории относительности.
- Мостепаненко А. М., Мостепаненко М. В.* Четырехмерность пространства и времени.
- Бранский В. П.* Философское значение «проблемы наглядности» в современной физике.
- Бом Д.* Причинность и случайность в современной физике.
- Бунге М.* Причинность: Место принципа причинности в современной науке.
- Чудинов Э. М.* Философские проблемы современной физики.
- Гейзенберг В.* Философские проблемы атомной физики.

## Другие книги нашего издательства:



URSS

Серия «НАУКУ — ВСЕМ! Шедевры научно-популярной литературы»

*Владимиров Ю. С.* Пространство-время: явные и скрытые размерности.

*Петров А. З.* Пространство-время и материя.

*Гарднер М.* Теория относительности для миллионов.

*Гарднер М.* Этот правый, левый мир.

*Хвольсон О. Д.* Теория относительности А. Эйнштейна и новое миропонимание.

*Сазанов А. А.* Четырехмерная модель мира по Минковскому.

*Кононович Э. В.* Солнце — дневная звезда.

*Перельман Я. И.* Занимательная астрономия.

*Липунов В. М.* В мире двойных звезд.

*Губанков В. Н.* Солитоны.

*Тарасов Л. В., Тарасова А. Н.* Беседы о преломлении света.

*Каганов М. И.* Электроны, фононы, магноны.

*Каганов М. И., Цукерник В. М.* Природа магнетизма.

*Чернин А. Д.* Физика времени.

*Перельман М. Е.* А почему это так? Физика вокруг нас. Кн. 1, 2.

*Фрова А.* Почему происходит то, что происходит: Окружающий мир глазами ученого.

*Точидловский И. Я.* Что можно в школе сделать и показать по физике.

*Ланге В. Н.* Физические парадоксы, софизмы и занимательные задачи. Кн. 1, 2.

*Ланге В. Н.* Физические опыты и наблюдения в домашней обстановке.

*Гартман З.* Занимательная физика.

*Тисандье Г.* Научные развлечения.

*Гампсон В., Шеффер К.* Парадоксы природы.

Серия «Физико-математическое наследие: физика (история физики)»

*Франкфурт У. И.* Очерки по истории специальной теории относительности.

*Франкфурт У. И.* Закон сохранения и превращения энергии.

*Френкель В. Я., Явелов Б. Е.* Эйнштейн: Изобретения и эксперимент.

*Веселовский И. Н.* Очерки по истории теоретической механики.

*Рожанская М. М.* Механика на средневековом Востоке.

*Космодемьянский А. А.* Очерки по истории механики.

*Кузнецов Б. Г.* Ньютон.

*Столетов А. Г.* Ньютон, Гельмгольц, Ковалевская.

*Розенбергер Ф.* История физики в четырех книгах.

Тел./факс:

+7 (499) 724-25-45  
(многоканальный)

E-mail:

URSS@URSS.ru

<http://URSS.ru>

Наши книги можно приобрести в магазинах:

«Библио-Глобус» (м. Лубянка, ул. Мясницкая, 6. Тел. (495) 625-2457)

«Московский дом книги» (м. Арбатская, ул. Новый Арбат, 8. Тел. (495) 203-8242)

«Молодая гвардия» (м. Полянка, ул. Б. Полянка, 28. Тел. (495) 238-5001,

780-3370)

«Дом научно-технической книги» (Ленинский пр-т, 40. Тел. (495) 137-6019)

«Дом книги на Ладомской» (м. Бауманская, ул. Ладомская, 8, стр. 1. Тел. 267-0302)

«Гнозис» (м. Университет, 1 гум. корпус МГУ, комн. 141. Тел. (495) 939-4713)

«У Кентавра» (РГГУ) (м. Новослободская, ул. Чалянова, 15. Тел. (499) 973-4301)

«СПб. дом книги» (Невский пр., 28. Тел. (812) 448-2355)

## Уважаемые читатели! Уважаемые авторы!

Наше издательство специализируется на выпуске научной и учебной литературы, в том числе монографий, журналов, трудов ученых Российской академии наук, научно-исследовательских институтов и учебных заведений. Мы предлагаем авторам свои услуги на выгодных экономических условиях. При этом мы берем на себя всю работу по подготовке издания — от набора, редактирования и верстки до тиражирования и распространения.



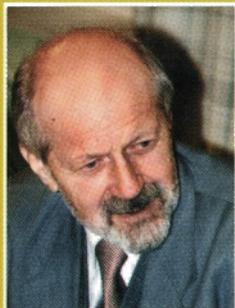
URSS

Среди вышедших и готовящихся к изданию книг мы предлагаем Вам следующие:

- Владимиров Ю. С.* Классическая теория гравитации.  
*Горобец Б. С.* Круг Ландау: Жизнь гения.  
*Горобец Б. С.* Круг Ландау: Физика войны и мира.  
*Горобец Б. С.* Круг Ландау и Лифшица.  
*Горобец Б. С.* Секретные физики из Атомного проекта СССР: Семья Лейпуных.  
*Горобец Б. С., Золотов Ю. А., Федин С. Н.* Ученые шутят.  
*Коновалов Ю. В. и др. (ред.)* Физики продолжают шутить.  
*Дорфман Я. Г.* Всемирная история физики: С древнейших времен до конца XVIII века.  
*Дорфман Я. Г.* Всемирная история физики: С начала XIX до середины XX вв.  
*Милантьев В. П.* История возникновения квантовой механики и развитие представлений об атоме.  
*Хайтун С. Д.* История парадокса Гиббса.  
*Абрамов А. И.* История ядерной физики.  
*Богущ А. А.* Очерки по истории физики микромира.  
*Тимошенко С. П.* История науки о сопротивлении материалов.  
*Паннекук А.* История астрономии.  
*Козенко А. В.* Сэр Джеймс Джинс: Ученый, философ, музыкант.  
*Бетяев С. К.* Записки гидродинамика.  
*Кадомцев С. Б.* Геометрия Лобачевского и физика.  
*Фридман А. А.* Мир как пространство и время.  
*Тропп Э. А. и др.* Александр Александрович Фридман. Жизнь и деятельность.  
*Сачков И. Н.* Электромагнетизм: Эффекты, история, парадигма.  
*Левбедев В. И.* Исторические опыты по физике.  
*Иванов Б. Н.* Законы физики.  
*Воронов В. К., Подоплелов А. В.* Современная физика.  
*Воронов В. К., Подоплелов А. В.* Современная физика: Конденсированное состояние.  
*Воронов В. К., Подоплелов А. В., Сагдеев Р. З.* Физика на переломе тысячелетий: Физические основы нанотехнологий.  
 Серия «Наука в СССР: Через тернии к звездам»  
*Владимиров Ю. С.* Между физикой и метафизикой: Диамату вопреки.  
*Сарданашвили Г. А.* Я — ученый: Заметки теорфизика.  
*Сарданашвили Г. А.* Дмитрий Иваненко — суперзвезда советской физики.  
*Горобец Б. С.* Советские физики шутят... Хотя бывало не до шутки.  
*Шноль С. Э.* Герои, злодеи, конформисты отечественной науки.

По всем вопросам Вы можете обратиться к нам:  
 тел. +7 (499) 724-25-45 (многоканальный)  
 или *электронной почтой* URSS@URSS.ru  
 Полный каталог изданий представлен  
 в *интернет-магазине*: <http://URSS.ru>

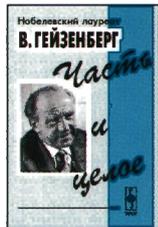
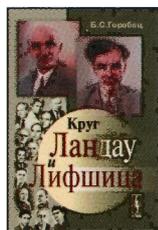
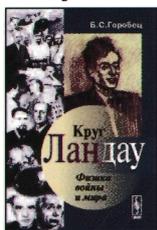
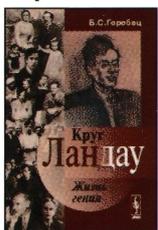
Научная и учебная  
литература



Физик-теоретик, доктор физико-математических наук (1976), профессор кафедры теоретической физики физического факультета МГУ, профессор Института гравитации и космологии Российского университета дружбы народов, вице-президент Российского гравитационного общества, главный редактор альманаха «Метафизика. Век XXI». Окончил физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова в 1961 г. Область научных интересов: классическая и квантовая теория гравитации, проблема объединения физических взаимодействий, многомерные модели физических взаимодействий,

теория прямого межчастичного взаимодействия, теория систем отношений, метафизические и философские проблемы теоретической физики. Ю. С. Владимирова — автор ряда монографий, среди которых: «Системы отчета в теории гравитации» (1982), «Пространство-время: явные и скрытые размерности» (1989; 2-е изд. URSS, 2010), «Метафизика» (2002; 2009), «Геометрофизика» (2005), «Основания физики» (2008), «Классическая теория гравитации» (URSS, 2009) и др.

Наше издательство предлагает следующие книги:



9688 ID 119916



интернет-магазин  
OZON.RU



E-mail: URSS@URSS.ru

Каталог изданий в Интернете:

<http://URSS.ru>

URSS

НАШИ НОВЫЕ КОординАТЫ 67797270 +7(499)724-25-45  
117335, Москва, Нахимовский пр-т, 56