

НАУКА
В
СССР

Через тернии
к звездам



№ 20

Ю. С. Владимирев

МЕЖДУ ФИЗИКОЙ И МЕТА- ФИЗИКОЙ

Книга 4 *Вслед
за Лейбницем
и Махом*

Ю. С. Владимиров

**МЕЖДУ
ФИЗИКОЙ
И
МЕТАФИЗИКОЙ**

Книга четвертая

**ВСЛЕД ЗА ЛЕЙБНИЦЕМ
И МАХОМ**

Содержание

От издательства. <i>Ради будущего</i>	7
Предисловие	13
Введение	17
В.1. Возникновение понятия «пространство» в античной философии . . .	17
В.2. Представления Декарта о пространстве	21
В.3. Реляционная парадигма в современной физике	23
Глава 1. Истоки реляционной парадигмы	28
1.1. Реляционные взгляды Г. В. Лейбница	28
1.1.1. Дискуссия Лейбница с Кларком (Ньютоном) о природе пространства и времени	28
1.1.2. Г. В. Лейбниц о всеобщей связи тел во Вселенной	32
1.1.3. Взгляды Ньютона и Лейбница на концепцию дальнего действия	34
1.1.4. Великий ученый и мыслитель Г. В. Лейбниц	37
1.2. Реляционная парадигма в период между Лейбницем и Махом	40
1.2.1. Реляционные идеи после Лейбница	40
1.2.2. Концепция дальнего действия в немецкой физической школе XIX века	42
1.3. Причины утверждения концепции ближнего действия	44
1.3.1. Проблемы концепции дальнего действия в физике XIX века . . .	44
1.3.2. Мистика мирового эфира	45
Глава 2. Реляционные корни теории относительности	48
2.1. Реляционное мировоззрение Э. Маха	49
2.1.1. Реляционная природа пространства-времени	49
2.1.2. Мах о всеобщей связи тел во Вселенной	51
2.1.3. Эрнст Мах о концепции дальнего действия	53
2.2. Специальная теория относительности и концепция дальнего действия	55
2.3. Реляционные истоки теории А. Эйнштейна	56
2.3.1. Роль идей Маха в создании общей теории относительности . .	56
2.3.2. Отказ Эйнштейна от реляционных идей Маха	59
2.4. Основание теории прямого взаимодействия	61
2.5. Метафизическая альтернатива	65
2.5.1. Может ли физика быть независимой от метафизики?	65
2.5.2. Что означает построение реляционной картины мира	65

Глава 3. Дискуссии о концепции дальнодействия в СССР (20–40-е годы)	68
3.1. Беседы-диспуты в Ленинградском политехническом институте	69
3.1.1. Первая беседа-диспут (13 декабря 1929 г.)	69
3.1.2. Вторая беседа-диспут (3 января 1930 г.)	73
3.1.3. Третья беседа-диспут (14 марта 1930 г.)	77
3.2. Дискуссии 30-х годов	79
3.2.1. Противники концепции дальнодействия	79
3.2.2. Изменение позиций Я. И. Френкеля в 30-х годах	80
3.2.3. Позиции Я. И. Френкеля в конце 40-х годов	82
3.3. Метафизические аспекты дискуссий 20–40-х годов	84
3.3.1. Диалектический материализм и концепция дальнодействия	84
3.3.2. Метафизический анализ проблем концепции дальнодействия	86
Глава 4. Развитие идей дальнодействия в 40–70-е годы	90
4.1. Идеи дальнодействия в работах Р. Фейнмана по классической физике	90
4.1.1. Исходные посылки работ Фейнмана	90
4.1.2. Фейнмановская теория поглотителя	92
4.1.3. Обоснование принципа Гюйгенса в отсутствие полей	94
4.2. Фейнмановская формулировка квантовой механики	96
4.2.1. Истоки фейнмановской формулировки квантовой механики	96
4.2.2. Фейнмановская формулировка квантовой механики	98
4.2.3. Развитие фейнмановского метода квантования	100
4.2.4. Пределы возможностей фейнмановского метода квантования	102
4.3. Теория прямого взаимодействия Ф. Хойла и Дж. Нарликара	105
4.3.1. Теория прямого скалярного взаимодействия	105
4.3.2. Критические замечания к теории Хойла и Нарликара	107
4.4. Реляционная парадигма и метод S-матрицы	109
4.4.1. Реляционная сущность метода S-матрицы	110
4.4.2. S-матрица и классическое пространство-время	111
Глава 5. Реляционная парадигма в отечественных исследованиях	115
5.1. «Путь к новым смыслам» Г. В. Рязанова	115
5.1.1. Критический анализ теории Фейнмана—Уилера	116
5.1.2. Теория прямого межчастичного взаимодействия Рязанова	117
5.1.3. Представления Рязанова об искомой реляционной прафизике	120
5.1.4. Штрихи к портрету Г. В. Рязанова	122
5.2. Теория прямого линеаризованного гравитационного взаимодействия	124
5.3. Вслед за Фоккером и Фейнманом	126
5.3.1. Следовало ли Эйнштейну отречься от идей Маха?	127

5.3.2. Объединение прямых гравитационных и электромагнитных взаимодействий в рамках 5-мерия	128
5.3.3. Книга «Теория прямого межчастичного взаимодействия» . . .	130
5.4. Попытка построения макроскопической теории пространства-времени	133
Глава 6. Теория физических структур Ю. И. Кулакова	136
6.1. Встреча на гравитационной конференции	136
6.2. Истоки теории физических структур Кулакова	139
6.2.1. Ученик академика И. Е. Тамма	139
6.2.2. Суть теории физических структур	143
6.2.3. Как возникла теория физических структур	145
6.2.4. Штрихи к портрету Ю. И. Кулакова	147
6.3. Первая школа по теории физических структур	150
6.3.1. Организация школы	150
6.3.2. Дискуссии о сути и развитии ТФС	153
Глава 7. Школы по теории физических структур	157
7.1. Три школы по ТФС в Пушкине-на-Оке	158
7.2. Пятая школа по ТФС во Львове	163
7.2.1. ТФС и многоточечная геометрия В. Я. Скоробогатько	164
7.2.2. Штрихи к портрету В. Я. Скоробогатько	167
7.3. Череда школ по ТФС в других городах	171
7.4. Об участниках школ, разделявших идеи ТФС	173
7.5. Почему физики не обратили должного внимания на ТФС	176
Глава 8. Бинарная геометрофизика как предгеометрия	179
8.1. Роль ТФС в развитии реляционного миропонимания	179
8.2. Первые шаги в построении бинарной геометрофизики	183
8.2.1. Системы отсчета в теории физических структур (систем отношений)	183
8.2.2. Комплексификация теории систем отношений	185
8.2.3. Обоснование спинорности частиц и размерности геометрии в БГФ	187
8.2.4. Бинарное многомерие и финслеровы спиноры	190
8.3. Физические взаимодействия в унарной теории	193
8.3.1. Прямое электромагнитное взаимодействие в терминах систем отношений	194
8.3.2. Вторичный характер прямого гравитационного взаимодействия	197
8.4. Физические взаимодействия в бинарной геометрофизике	200
8.4.1. Элементарные частицы	200
8.4.2. Бинарный объем как прообраз физического действия	202

8.4.3. Категория промежуточных полей как вторичное понятие в бинарной геометрофизике	204
8.5. Анализ содержания бинарной геометрофизики	206
Глава 9. Какой видится искомая реляционная картина мироздания?	209
9.1. Ожидаемая структура искомой теории	209
9.1.1. Три составляющие физического мироздания	210
9.1.2. Блок-схема искомой теории	212
9.2. Макроскопическая природа пространства-времени	214
9.2.1. Истоки идеи о статистической природе классического пространства-времени	214
9.2.2. Элементарные носители пространственно-временных отношений	216
9.3. Каковы физические истоки метрики?	219
9.3.1. Проблема происхождения метрики	219
9.3.2. От фазовых вкладов к понятию длины (метрики)	222
9.4. Реляционная интерпретация квантовой механики	224
9.4.1. Суть реляционной интерпретации	225
9.4.2. Реляционное обоснование ряда понятий квантовой механики	228
9.4.3. Атомы как монады Лейбница	230
9.5. Какие практические приложения можно ожидать от реляционного подхода	233
Заключение	235
Приложение. 150-летие со дня рождения Эрнста Маха	240
П.1. Первые знакомства с трудами Э. Маха	240
П.2. На родине Э. Маха	242
П.3. 150-летний юбилей Э. Маха в Чехословакии	246
П.3.1. Статья к юбилею Э. Маха	246
П.3.2. Юбилейная конференция в Праге	249
П.4. Семинар памяти Э. Маха в МГУ	252
П.4.1. Выступление Д. Д. Иваненко	253
П.4.2. Выступление профессора Н. В. Мишкевича	256
П.4.3. Выступления других участников семинара	258
П.5. Конференция в Институте истории естествознания и техники АН СССР	259
П.5.1. Выступления участников конференции	260
П.5.2. Выступление философа И. С. Алексеева	264
Основная литература	269

От издательства

Ради будущего

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

Ф. И. 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, помочь осмыслить накопленный опыт, увидеть проблемы, которые ждут впереди, и уберечь от ошибок.

Одно из самых ярких событий XX века — становление, расцвет и трагическая гибель советской цивилизации. *Цивилизации, предложившей миру новый тип жизнеустройства, основанный на стремлении отказаться от вечного исторического проклятия жадности, властолюбия, порабощения и практически воплотить идеалы свободы, равенства, братства.* В истории этой цивилизации наук 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 научных и инженерных кадров. 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.

8

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 перечеркнуть 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 об истории отечественной науки¹.

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

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

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

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 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“² или „Гении и прохиндеи“³. 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. Классикой жанра вольно рассказываемых биографий являются «Жизнеописания» Плутарха⁴. Именно нравственные уроки, преподанные выдающимися людьми Античности, по его мысли, должны были дать опору и пример будущим поколениям полководцев, философов, ораторов, государственных деятелей. Перелистывая страницы этой замечательной книги, 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)»⁵.

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.

² Шноль С. Э. Указ. соч.

³ Бушин В. С. Гении и прохиндеи. М.: Алгоритм, 2004. 512 с.

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

⁵ Известия. 1993. 5 окт.

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. «Романтическая 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 «свириная 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.

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 пословицу: «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 популярны 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, обустривать свою реальность, заглядывать в будущее. И когда общество и государство это делают, 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 заявок и получение грантов. Россия более 16 лет не имеет ни одного аппарата в дальнем космосе... Академик Д. А. Варшалович, 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 достижений 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 были 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 удастся 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 вьюгё 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, 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

Я неоднократно подчеркивал, что считаю пространство, так же как и время, чем-то чисто относительным: пространство — порядком существования, а время — порядком последовательностей... Для опровержения мнения тех, которые считают пространство субстанцией или, по крайней мере, какой-то абсолютной сущностью, у меня имеется несколько доказательств¹.

Г. В. Лейбниц

Но мы не должны забывать того, что все вещи неразрывно связаны между собою и что сами мы со всеми нашими мыслями составляем лишь часть природы. Мы совершенно не в состоянии измерять временем изменение вещей. Напротив, время есть абстракция, к которой мы приходим через посредство изменения вещей. <...> Об абсолютном пространстве и абсолютном движении никто ничего сказать не может; это чисто абстрактные вещи, которые на опыте обнаружены быть не могут. Все наши основные принципы механики представляют собою, как это было уже подробно показано, данные опыта об относительных положениях и движениях тел².

13

Э. Мах

Книги данной серии под общим названием «Между физикой и метафизикой» — 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, в них речь идет о природе пространства-времени и его ключевых свойствах (размерности, метрике, сигнатуре и т. д.), о гипотезах происхождения и эволюции мира, о построении единой теории взаимодействий, а также о соотношении науки, философии и религии.

Современная фундаментальная теоретическая физика все более приближается к метафизике. И это закономерно. Развитие принципов общей теории относительности и квантовой теории привело во второй половине XX века к активному поиску новых идей, призванных совместить принципы физики макро- и микромира, объединить известные виды фундаментальных физических взаимодействий, уточнить наши представления о физической картине мира, а может быть, и в корне пересмотреть их.

¹ Лейбниц Г. В. Переписка с Кларком // Сочинения: В 4 т. Т. I. М.: Мысль, 1982. С. 441.

² Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития. Ижевск: Ижевская республиканская типография. 2000. С. 190–195.

Настоящее издание позволяет проследить формирование фундаментальной теоретической физики и раскрыть метафизический характер ее проблематики.

Напомним, что первая из четырех книг этой серии охватывает период с начала до 60-х гг. прошлого века. Основное внимание в ней сфокусировано на несоответствии принципов фундаментальной теоретической физики основным положениям марксистско-ленинского диалектического материализма. Принимая диалектику Гегеля и материалистическую философию как одну из трех составляющих философии, автор, однако, считает их идеологизированную трактовку противоречащей принципам метафизики.

Метафизический анализ оснований науки показывает, что к началу XX века в теоретической физике сложилась так называемая триалистическая парадигма, которая опирается на три ключевые физические категории: пространство-время, частицы (тела) и поля переносчиков взаимодействий. В дальнейшем же, на протяжении всего минувшего столетия, фундаментальная теоретическая физика развивалась на основе идей слияния двух из трех первичных категорий в некую новую обобщенную категорию с сохранением неизменной третьей. В итоге возникли три дуалистические парадигмы:

- 1) теоретико-полевая (доминирующая), представленная квантовой теорией поля;
- 2) геометрическая, основу которой составляла общая теория относительности;
- 3) реляционная, опирающаяся на концепцию дальнего действия.

В первой книге «Диамату вопреки» главное внимание сосредоточено на теоретико-полевой парадигме, а в следующих — на развитии фундаментальной теоретической физики в рамках двух других метафизических парадигм, которые являются промежуточными на пути от исходной триалистической парадигмы к искомой единой теории в рамках монистической парадигмы.

Во второй книге «По пути Клиффорда—Эйнштейна» речь шла о том, как себе представляли геометрическую парадигму ее основатели: Вильям Клиффорд, Давид Гильберт, Альберт Эйнштейн, Герман Вейль и др., была показана эволюция их взглядов и отношение мирового физического сообщества к идеям общей теории относительности и ее обобщениям. Главное внимание было уделено исследованиям в этой области физики в 60-е годы, когда во всем мире резко возрос интерес к эйнштейновской теории гравитации. Здесь рассказано о надеждах и ожиданиях отечественных физиков-теоретиков, а также показано, во что тогда вылились их исследования.

В третьей книге «Геометрическая парадигма: испытание временем» изложено развитие геометрических идей в 70–80-е годы. Здесь описана деятельность секции гравитации научно-технического совета Минвуза СССР, координировавшей исследования в этой области в масштабах всей страны, рассказано о жизни отечественного гравитационного сообщества, о попытках выхода за пределы парадигмы Клиффорда—Эйнштейна, об упразднении секции и о рождении Всесоюзного гравитационного общества, успешно действующего по настоящее время уже как Российское гравитационное общество.

Данная, четвертая, книга «Вслед за Лейбницем и Махом» посвящена изложению истории развития идей концепции дальнего действия и реляционного

подхода к геометрии и физике, заложенного 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.

Следует отметить, что в реляционном подходе к физике предпринимаются попытки решать более глубокие проблемы, нежели в теоретико-полевой или геометрической парадигмах, где пространство и время являются *a priori* заданными. В них речь идет лишь о таких свойствах пространства-времени, как искривленность, размерность, топология и т. д. В реляционной же парадигме ставится под вопрос самостоятельность (первичность) категории пространства-времени, и на первый план выдвигаются отношения между событиями и материальными объектами.

Исследования в рамках реляционной парадигмы осуществлялись волнообразно. Всплески их интенсивного обсуждения, инициированные трудами отдельных выдающихся ученых, сменялись периодами их решительного неприятия и полного забвения.

В 1-й главе настоящей книги излагается суть дискуссии между Г. Лейбницем и И. Ньютоном по вопросу о природе пространства и времени. Далее говорится о доминирующем характере концепции дальнего действия в немецкой физической школе середины XIX века, в рамках которой сложилось мировоззрение Эрнста Маха.

Во 2-й главе «Реляционные корни теории относительности» анализируются взгляды Маха на физику, оказавшие определяющее влияние на А. Эйнштейна в процессе создания им общей теории относительности. Здесь же раскрыты причины последующего отказа Эйнштейна от идей Маха и показано их развитие в трудах Г. Тетроде, А. Фоккера и других авторов.

В 3-й главе говорится об острой дискуссии в Ленинградском политехническом институте между сторонниками концепции дальнего действия, которую отстаивал главным образом Я. И. Френкель, и концепции ближнего действия, которую защищал В. Ф. Миткевич, и рассматриваются причины отступления сторонников дальнего действия.

Следующий всплеск интереса к реляционной концепции произошел во второй половине 40–50-х гг., когда Дж. Уилером и Р. Фейнманом было объяснено отсутствие опережающих взаимодействий влиянием окружающей Вселенной, т. е. на основе принципа Маха. Этому способствовали также труды Фейнмана по переформулировке квантовой механики в духе концепции дальнего действия. К этому же периоду следует отнести работы Ф. Хойла и Дж. Нарликара. Обсуждение высказанных тогда идей составило содержание 4-й главы.

Далее, в 5-й главе речь идет об отечественных исследованиях в рамках концепции дальнего действия, которые проводились в 60–70-е годы Я. И. Грановским, А. А. Пантюшиным, Г. В. Рязановым, затем К. А. Пирагасом с учениками, а также в нашей группе.

6-я и 7-я главы знакомят читателя с работами Ю. И. Кулакова и его коллег по теории физических структур, занимающими особое место в развитии идей реляционной парадигмы.

Наконец, в 8-й и 9-й главах излагается содержание развиваемой автором бинарной геометрофизики, основанной на идеях и принципах реляционного подхода к мирозданию, выдвинутых в трудах Г. Лейбница, Э. Маха и последую-

ших поколений физиков. Здесь же предпринята попытка обрисовать видимую автором искомую реляционную картину мира.

В настоящее время физиками-теоретиками ведется напряженный поиск единой теории, которая, как представляется, будет сформулирована в рамках монистической парадигмы. Поиск ведется с трех сторон. Главные усилия предпринимаются со стороны доминирующей ныне теоретико-полевой парадигмы в виде теорий супергравитации, суперструн и бран. Другое направление составили многочисленные попытки построения единой геометрической теории физического мироздания. Подтверждение этому мы находим в целом ряде книг и статей.

Однако все эти годы недостаточное внимание уделялось исследованиям в рамках третьей дуалистической парадигмы — реляционной, фактически остававшейся на обочине развития физической науки. Вместе с тем именно реляционная парадигма может оказаться наиболее подходящей для решения поставленной стратегической задачи³.

В заключение пользуюсь случаем 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 улучшению книги.

³ В настоящее время готовится к печати серия из 3 книг под общим названием «Физика дальнего действия», написанная на основе лекций, которые читаются студентам МГУ и РУДН. Формульный характер изложения в них может показаться трудным для восприятия широким кругом читателей, поэтому данная книга может помочь освоению их содержания.

Введение

*Ничто так не волнует человечество,
как пространство и время.*

М. фон Лауэ

А. Эйнштейна как-то спросили, что способствовало созданию его теории, и он полушутливо ответил, что никто не задумывался над тем, что такое пространство и время, полагая, что это всем ясно, а он задумался и открыл теорию относительности.

Не следует воспринимать ответ Эйнштейна буквально: фундаментальные вопросы о сущности и природе пространства-времени занимали человечество с древнейших времен. Что такое пространство-время? Какова его природа? Имеет ли это понятие априорный, раз навсегда заданный характер? Почему классическое пространство-время обладает известными свойствами размерности, сигнатуры, квадратичности мероопределения, непрерывности и т. д.? Можно ли говорить о пространстве и времени в отсутствие тел?

17

В.1. Возникновение понятия «пространство» в античной философии

Разумеется, Эйнштейн был знаком с размышлениями о природе пространства и времени своих предшественников, начиная с великих античных мыслителей. Так, он писал: «Ясно, что в мире естественно-научных понятий понятие пространства как реального объекта существовало уже давно. Однако геометрия Евклида не пользовалась этим понятием как таковым и ограничивалась только понятием объекта и отношениями между объектами. Точка, плоскость, прямая, отрезок — все это идеализированные телесные объекты. Все отношения положения сводились к соприкосновению (пересечения прямых, плоскостей, положения точек на прямых и т. д.). Пространство как континуум вообще не входило в геометрию»¹. В другой своей статье Эйнштейн опять подчеркивает эту мысль: «В соответствии со сказанным выше, физически реальными были именно пространственные отношения, а не само пространство»². Иными словами, понятия отношений и соприкосновений являлись более естественными для непосредственного восприятия, нежели абстракция пространства: «Раз речь зашла о пространственных отношениях, то уже недалеко отсюда отстоит и понятие „пространство“ в евклидовой геометрии, строго говоря, не существующее вообще. Ведь вместо отношений касания тел между собой можно

¹ Эйнштейн А. Проблема пространства, эфира и поля в физике // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. 2. М.: Наука, 1966. С. 277.

² Там же. С. 284.

изучать отношения касания всех тел с одним воображаемым универсальным телом, которое и является пространством. Для геометра пространство имеет такой же смысл, как квазитвердая поверхность Земли для геометрического рассмотрения в повседневной жизни или как лист чертежной бумаги для тех, кто хочет наглядно изобразить взаимоотношения плоских фигур»³.

Философ и историк естествознания П. П. Гайденко в своей книге «История греческой философии в ее связи с наукой» пишет: «Насколько нам известно, Платон впервые в античной науке вводит понятие *геометрического пространства*; до него античная философия не отделяла *сознательно* пространство от его наполнения, за исключением разве атомистов, но они определяли пространство *физически* — как *пустоту*, отличая ее от атомов как „полного“. И не только доплатоновская, но и послеплатоновская научно-философская мысль в лице Аристотеля и его учеников не признавала пространства в том виде, как его понимал Платон; пространство выступает у Аристотеля как „место“, а это понятие радикально отличается от геометрического пространства Платона»⁴.

В диалоге «Тимей» Платон говорит о пространстве: «Оно вечно, не приемлет разрушения, дарует обитель всему рождающемуся, но само воспринимается вне ощущения, посредством некоего незаконного умозаключения, и поверить в него почти невозможно». <...> «Мы видим его как бы в грезах и утверждаем, будто это бытие непременно должно быть где-то, в каком-то месте и занимать какое-то пространство, а то, что не находится ни на земле, ни на небесах, будто бы и не существует»⁵.

18

Как пишет П. П. Гайденко, «пространство определяется Платоном как нечто отличное, с одной стороны, от идей постигаемых мыслью, которое мы называли бы по этой причине *логическим объектом* (для Платона логическое имеет статус единственно истинного бытия), а с другой — от чувственных вещей, воспринимаемых „ощущением“. Пространство лежит как бы *между* этими мирами в том смысле, что оно имеет признаки как первого, так и второго, а именно: подобно идеям, пространство вечно, неразруσιμο, неизменно — более того, оно воспринимается *не через ощущение*. Но сходство его с чувственным миром в том, что воспринимается оно все же *не с помощью мышления*. Та способность, с помощью которой мы воспринимаем пространство, квалифицируется Платоном весьма неопределенно — как „незаконное умозрение“. Переводя это выражение Платона как „гибридное рассуждение“, Дюгем тем самым хочет подчеркнуть, что способность, которой мы постигаем пространство, есть некоторый гибрид, „помесь“ между мышлением и ощущением». <...>

«Сравнение „незаконнорожденного“ постижения пространства с видением во сне, надо думать, весьма для Платона важно, потому что он употребляет это сравнение не однажды... Пространство мы видим как бы во сне, мы его как бы и видим и в то же время не можем постигнуть в понятиях, — и вот оно-то, по мнению Платона, служит началом для геометров»... «Итак, Платон

³ Эйнштейн А. Проблема пространства, эфира и поля в физике // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. 2. М.: Наука, 1966. С. 284.

⁴ Гайденко П. П. История греческой философии в ее связи с наукой. М.: Университетская книга. 2000. С. 139; 2-е изд. М.: Книжный дом «Либроком»/URSS, 2009.

⁵ Цит. по: Там же. С. 140.

рассматривает пространство как предпосылку существования геометрических объектов, как то „начало“, которого сами геометры „не знают“ и потому должны постулировать его свойства в качестве недоказуемых первых положений своей науки»⁶.

Так сейчас и поступают геометры, а вслед за ними и физики, строя свои теории на фундаменте априорно вводимого пространства-времени.

Эрнст Мах в своей книге «Познание и заблуждение» писал: «Кто хочет получить представление о том, с каким трудом развилась абстракция „пространство“, лучше всего сделает, обратившись к изучению четвертой книги Физики Аристотеля. Вопрос о том, *существует ли пространство (место) или не существует*, как оно существует и *что оно такое*, причиняют ему много затруднений. Он не может смотреть на пространство, как на тело, ибо тогда одно тело находилось бы в другом. Но, с другой стороны, он и не может отделить пространство от мира тел, ибо место тела есть для него то, что это тело окружает, обнимает. Аристотель выдвигает мысль, что мы не спрашивали бы о пространстве, если бы не существовало никакого движения. *Связь представления пространства с представлением тела естественно приводит к идее немыслимости пустоты*, — идее, защищаемой Аристотелем и многими другими мыслителями древности. Мыслители, допускавшие пустоту, как Левкипп, Демокрит, Эпикур и др., имели, следовательно, представление о пространстве, более близкое к нашему. Пространство было для них чем-то вроде сосуда, который может и не быть наполнен. И к такому представлению действительно должна была вести геометрия, которая устраняет все телесные свойства, кроме определенных границ»⁷.

Как пишет П. П. Гайденко, «категория места играет в научной программе Аристотеля важную роль. Он специально создает это понятие для того, чтобы показать, что „не существует протяжения, отличного от тел, делимого от них и существующего актуально“. <...> «Аристотель не считает возможным определять место как „промежуток“ между телами: „... нет особого промежутка помимо величины помещающегося тела“. В качестве примера, наглядно демонстрирующего возможность движения при отсутствии „промежутков“, Аристотель приводит движение в сплошных средах, а именно: „вихревые движения сплошных тел и движения жидкостей“. Здесь тела „уступают друг другу место“ — так, в частности, движутся рыбы, тонущие предметы и т. д. Характерен при этом один из аргументов Аристотеля против „промежутка“: „Если бы был какой-нибудь промежуток в себе, по природе способный существовать и пребывать в себе самом, то мест было бы бесконечное множество“»⁸.

Последние рассуждения Аристотеля выдержаны в духе отстаиваемого им принципа непрерывности, — своеобразной антитезы принципа демокритовского атомизма. По мнению Аристотеля, допущение «пустого промежутка» разрушает непрерывность телесного мира, поскольку пустота представляет собой место без тела. Можно полагать, что именно взгляды Аристотеля на сущность пространства легли в основу субстанциального подхода к природе пространства-времени. Характерной чертой учения Аристотеля является

⁶ Гайденко П. П. История греческой философии в ее связи с наукой. С. 140–141.

⁷ Мах Э. Познание и заблуждение. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. С. 417.

⁸ Гайденко П. П. История греческой философии в ее связи с наукой. С. 262.

наделение пространства (мест) динамическими (духовными) свойствами: «Перемещения простых физических тел, например огня, земли и подобных им, показывает, что место есть не только нечто, но оно имеет и какую-то силу. Ведь каждое из них, если ему не препятствовать, несется в свое собственное место, одно вверх, другое вниз, а верх, низ и прочие из шести измерений — части и виды места»⁹. Эти соображения Аристотеля впоследствии нашли отражение во введении понятия (категории) поля, заполняющего все точки пространства-времени и ответственного за передачу взаимодействий.

У Аристотеля можно найти зачатки и других важных идей, востребованных в современной физике. Здесь, прежде всего, нужно назвать его идеи о сути движения, что доставляло большие проблемы для Платона. В соответствии со своей триединой метафизической парадигмой Аристотель определяет движение как «средний термин», т. е. как «переход» от возможности к действительности. У него движение нормировано двумя противоположностями в возможности — началом и концом — всегда идет «от» — «к», представляя собой нечто третье — действительность, связывающую две стороны противоположности. Так Аристотель преодолел неразрешимую для Платона проблему определения движения лишь на основе двух противоположных сторон.

Отметим, что аристотелевские два рода бытия — в возможности и в действительности — оказались востребованными в теоретической физике XX века при формулировке квантовой механики, на что обращал внимание один из ее создателей — В. Гейзенберг. Эти же идеи оказались воплощенными в теории бинарных систем отношений (см. об этом ниже).

Взгляды Аристотеля и Платона резко расходились с атомистическим учением Левкиппа и Демокрита, которое было нацелено на решение вопроса о сущности движения. Для этого были введены два начала: бытие и небытие, когда в качестве бытия выступают атомы, а небытия — пустота.

Демокрит переработал пифагорейское понятие единицы (монады), имевшее расплывчатый характер, превратив его в атом — мельчайшую материальную частицу, обладающую очень малым, но конечным размером. Таким образом была выделена *метафизическая категория частиц*, получившая окончательное право на существование в физике лишь в XX веке после известных экспериментов Резерфорда. Одновременно с этим отрыв пустоты от материи фактически означал введение *пространства как второй самостоятельной метафизической категории*.

По свидетельству Диогена, Платон до такой степени был не согласен с учением Демокрита, что высказывал намерение собрать и сжечь все его труды.

Учение атомистов имело широкое распространение у философов и естествоиспытателей последующих веков вплоть до настоящего времени. Однако признание пустоты между частицами не решало проблемы передачи воздействий от одних тел к другим. Это явилось основанием для гипотезы заполненности пустого пространства некой специальной средой — эфиром, передающим эти воздействия. Идея физического эфира имеет длительную историю, продолжающуюся до наших дней в виде понятий физического вакуума, его флуктуаций и т. д.

⁹ Гайденко П. П. История греческой философии в ее связи с наукой. С. 261.

Таким образом, в античной философии следует различать несколько подходов к сущности пространства. Если во взглядах Аристотеля явно видны зачатки субстанциального подхода к природе пространства, то в геометрии Пифагора и в трудах других авторов можно разглядеть идеи реляционного взгляда на пространство и время.

В.2. Представления Декарта о пространстве

Как писал Эйнштейн, понятие физического пространства «впервые было введено Декартом в его описании пространственной точки координатами. Только здесь появились геометрические образы, в известной степени выглядевшие как части бесконечного пространства, под которым понимается трехмерный континуум». «Только в аналитической геометрии, основанной Декартом, пространство (трехмерное) превращается в фундаментальное понятие. Введение понятия координатного пространства чрезвычайно упростило логическую систему геометрии. В самом деле, здесь достаточно взять за основу теорему о том, что измеряемое масштабной линейкой расстояние между двумя бесконечно близкими точками вычисляется по разностям их координат согласно теореме Пифагора (как корень квадратный из суммы квадратов). Другими словами, если взять за основу „метрику Евклида“, то из нее можно вывести все понятия и теоремы геометрии»¹⁰.

В работах Рене Декарта (1596–1650 гг.) спустя много веков фактически были возрождены идеи Аристотеля. В своих «Началах философии» он писал: «Пространство или внутреннее место 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 обнаруживаем, 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“»¹¹.

Декарт ввел две пространственные субстанции: материальную и духовную. Первая из них являлась протяженной, т. е. той, которую, собственно говоря, следует трактовать какместилище всех тел. Но у него была и вторая субстанция — духовная, которая ответственна за перемещение тел. Таким образом, у Декарта, как и у Галилея, нет отдельной категории силы как прообраза категории полей-переносчиков взаимодействий. Все физические понятия: пространства, тела и причины изменения положения тел — Декарт пытался объяснить при помощи одной категории, однако разделенной на две части.

Эта идея Декарта, соответствовавшая взглядам Аристотеля, спустя еще почти три столетия была воплощена Эйнштейном в общей теории относительности. «Приписание физической реальности пространству вообще и,

¹⁰ Эйнштейн А. Проблема пространства, поля и эфира в физике // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. 2. М.: Наука, 1966. С. 284.

¹¹ Цит. по: Гайденоко П. П. История новоевропейской философии в ее связи с наукой. М.: Университетская книга, 2000. С. 124; 3-е изд. М.: Книжный дом «Либроком»/URSS, 2011.

особенно, пустому пространству — в самом деле требование слишком жестокое. Философы с давних времен всегда сопротивлялись такому требованию. Декарт аргументировал это примерно так: пространство совпадает с протяженностью, а протяженность связана с телами; таким образом, нет пространства без тел и, следовательно, нет пустого пространства. Слабость этой аргументации заключается главным образом в следующем. Несомненно верно, что понятие протяженности обязано своим происхождением нашему опыту в расположении твердых тел в пространстве. Отсюда, однако, нельзя заключить, что понятие протяженности не может быть оправдано и в других случаях. Такое расширение понятий может быть обосновано косвенно по его значению для интерпретации эмпирических результатов. Поэтому утверждение, что протяженность обязательно связана с телами, очевидно, само по себе не обосновано. Однако позже мы увидим, что общая теория относительности подтвердила все же концепцию Декарта, хотя и другим путем»¹².

Ниже Эйнштейн поясняет это утверждение: «Таким образом, Декарт 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 весовых телах. Потребовались идеи поля, как реального объекта в комбинации с общим принципом относительности, чтобы показать истинную сущность идеи Декарта: не существует пространство, „свободное от поля“»¹³. Эйнштейну следовало бы упомянуть, что еще раньше об отсутствии пустого пространства говорил Аристотель.

22

Учение Декарта было доминирующим в естествознании XVII века, причем пик его популярности приходился на 80-е годы. Затем в результате работ И. Ньютона, Г. Лейбница, Х. Гюйгенса и других авторов происходила радикальная смена парадигм, по значимости сравнимая с событиями в физике начала XX века, причем в оба сравниваемых периода были заложены основы учений из разных метафизических парадигм. В этой книге рассмотрено развитие реляционной парадигмы Лейбница, противостоящей концепциям ньютоновой теории. Процесс перехода от представлений Декарта к идеям новой физики тогда растянулся на многие годы и включал в себя период деятельности М. В. Ломоносова.

Поскольку Ломоносов в Германии учился по курсу физики, написанному Христианом Вольфом, учеником Лейбница, то естественно было ожидать в его трудах проявления реляционных взглядов. Однако этого сказать нельзя. Ломоносов был приверженцем концепции близкодействия, причем в самом непосредственном виде. Он понимал процесс взаимодействия в духе упругого столкновения шаров и придавал этому механизму универсальное значение. Именно это обусловило его успех в построении молекулярно-кинетической теории теплоты, однако привело к неудачам в объяснении других явлений.

П. Л. Капица по этому поводу писал: «Ошибка Ломоносова была в том, что он придал своей концепции универсальный характер и начал считать, что в природе существует только единственный способ взаимодействия между

¹² Эйнштейн А. Относительность и проблема пространства // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. 2. М.: Наука, 1966. С. 744–745.

¹³ Там же. С. 758.

телами, и это через соприкосновение. Возможность действия на расстоянии через тяготение или электрическое взаимодействие Ломоносов отрицал. Развивая такие представления, он считал, что если тело под влиянием тяжести приобрело скорость, то необходимо, чтобы при этом окружающая тело среда потеряла скорость. Среда, обладающая таким свойством продолжать движение, конечно, была гипотетична, и ее существование в природе Ломоносов постулировал. Аналогичным путем он пытался описать и электрическое взаимодействие между телами. Нетрудно понять, что на основании таких представлений Ломоносову не только не удалось нарисовать четкую картину явлений, связанных с взаимодействием тел на расстоянии, но это привело его к отрицанию существования универсальной связи между весом и массой»¹⁴.

Исходя из этих и ряда других положений, отстаиваемых Ломоносовым, его взгляды следует считать в большей степени соответствующими учению Декарта, нежели Ньютона или Лейбница.

Таким образом, в размышлениях античных философов и естествоиспытателей нового времени проявились различные представления о трех физических (а на самом деле — метафизических) категориях: пространстве-времени, частицах (телах) и полях переносчиков взаимодействий, лежащих в основании современной физической картины мира.

При рассмотрении оснований физики никогда нельзя забывать, что нет ничего фундаментальнее представлений о пространстве и времени. И все новое, что будет сказано в этой основополагающей сфере знания о бытии, как и вообще все великое, обречено быть старомодным.

В.3. Реляционная парадигма в современной физике

В заключительной главе первой книги «Диамату вопреки» сформулированы положения, являющиеся итогом многолетних размышлений над проблемами пространства-времени, включая общую теорию относительности и гравитации. В самом общем виде они состоят в том, что в фундаментальной теоретической физике второй половины XX века отчетливо проявились главные метафизические принципы, определяющие не только содержание физики, но и все иные сферы мировой культуры: математику, философию, политику и религию. Таковыми являются принципы тринитарности (троичности или триединства), фрактальности, дополнительности и др., которые легли в основание мировых философских и религиозных систем далекого прошлого.

В согласии с первым из названных принципов были выделены три названные выше ключевые физические категории (пространство-время, частицы и поля переносчиков взаимодействий). Подчеркнем, что пространство-время представляет собой лишь одну из ключевых физических категорий. В минувшем веке явно проявлялась тенденция перехода от названных трех физических категорий к двум обобщенным категориям. Простейшие варианты состояли в замене пары исходных категорий на одну новую обобщенную при сохранении оставшейся. Поскольку имеются три такие возможности, то развивавшиеся физические теории распределились по трем дуалистическим физическим

¹⁴ Каница П. Л. Эксперимент. Теория. Практика. М.: Наука, 1981. С. 338–339.

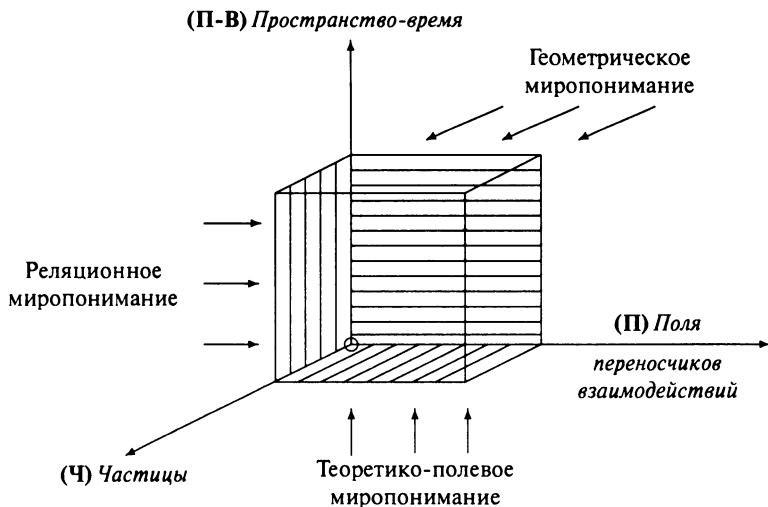


Рис. 1. Куб физического мироздания, построенный на трех метафизических категориях

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).

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

Гравитационное взаимодействие оказалось первым, которое удалось связать с геометрией (со свойствами пространства-времени), 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. Этот вопрос подробно рассмотрен в двух предыдущих книгах этой серии: «По пути Клиффорда—Эйнштейна» и «Геометрическая парадигма: испытание временем».

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 место физики среди других разделов науки и культуры: философии, математики, религии.

В физике XX века доминирующими были теории в рамках теоретико-полевой парадигмы.

Реляционное миропонимание представляет собой третий взгляд на мир — со стороны оставшейся парной комбинации метафизических категорий: пространства-времени и частиц. В данном подходе принципиально важное значение приобретает тот факт, что в нем отсутствует априорно заданный фон в виде пространства-времени. Это понятие возникает лишь как отношение между событиями с участием материи, что трактуется как переход от двух категорий триалистической парадигмы (пространства-времени и материи) к новой обобщенной категории пространственно-временных отношений. В этом ее главное, принципиальное отличие как от безликого плоского пространственно-временного фона (в триалистической и теоретико-полевой парадигмах), так и от фона, вбирающего в себя поля и прогибающегося под внесенной в него материей (в геометрической парадигме). В реляционном подходе нет априорно заданного фона, а есть лишь отношения между событиями, происходящими с материальными объектами (частицами).

Оказалось, что понятие (категория) пространства-времени, как и две другие, которыми мы пользуемся не задумываясь, имеет условный характер, зависящий от принимаемой нами метафизической парадигмы. В одной метафизической парадигме (в теоретико-полевой) пространство-время — это фон типа глобальной сцены, на которой разыгрывается мировой спектакль. В другой метафизической парадигме (геометрической), как писал Дж. Уилер: «Пространство-время не есть арена для физики, это вся классическая физика». Здесь имелась в виду идея, высказанная еще В. Клиффордом, согласно которой все видимые нами тела и сущности — это проявления неких свойств или особенностей (метрики, кривизны) пространства (пространства-времени). Наконец, в третьей, реляционной, парадигме пространство-время как таковое не существует, — а есть лишь система отношений между телами и событиями с их участием, которые в совокупности мы называем пространством-временем.

Назовем главные положения реляционного подхода к физике, радикально отличающие его от исследований в рамках теоретико-полевой и геометрической парадигм.

1. Издавна высказывались точки зрения, отражающие два подхода к сущности пространства-времени: **реляционный** и **субстанциальный**. Первого из них придерживались Г. Лейбниц, Э. Мах и ряд других мыслителей, а сторонниками другого, субстанциального, являлись И. Ньютон и большинство современных физиков.

2. В физике возникла ситуация, аналогичная сложившейся в геометрии. Здесь также представлены две концепции взаимодействия: **близкодействие** и **дальнодействие**. Концепция близкодействия согласуется с субстанциальным подходом, т. е. с моделью пространства-времени как сосуда,местилища всего сущего. С эфиром или без него она отвечает на вопрос, как акт взаимодействия преодолевает пространственно-временную разнесенность объектов и событий. Концепция же дальнодействия соответствует реляционному подходу к сущности пространства-времени и идет вразрез с доминирующей ныне теоретико-полевой парадигмой.

Во избежание недоразумений уточним смысл термина *дальнодействие*, поскольку в литературе встречается несколько его трактовок. В данной книге

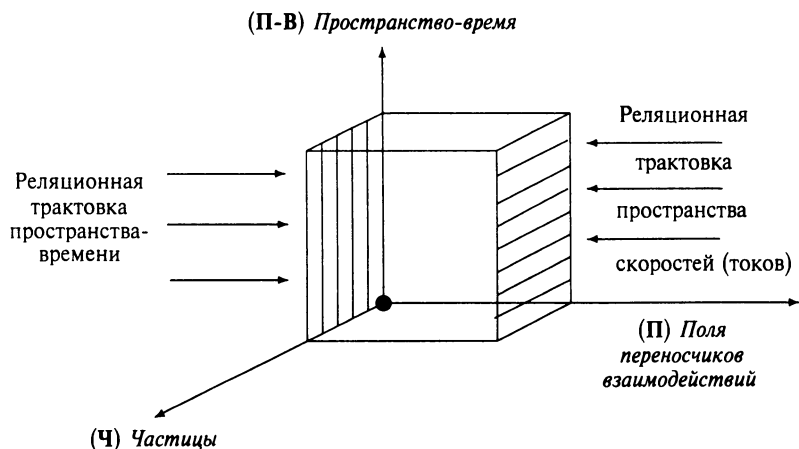


Рис. 2. Дуалистическое реляционное миропонимание

в этот термин вкладывается смысл описания взаимодействий между пространственно разделенными объектами непосредственно, без посредников¹⁵.

3. В каждом из трех дуалистических миропониманий различаются две разновидности парадигмы. Первая основана на замене двух из трех исходных категорий на одну обобщенную (при сохранении неизменной третьей), а вторая — на переходе к двум обобщенным категориям. В теоретико-поле-вом и геометрическом подходах развитие теории шло от первой из названных разновидностей парадигмы ко второй, более совершенной. В рамках реля-ционного миропонимания сразу стала строиться дуалистическая парадигма второго типа, представленная теориями прямого межчастичного взаимодей-ствия Фоккера—Фейнмана.

В реляционном миропонимании осуществляется переход к двум обоб-щенным категориям: к пространственно-временным отношениям, которые заменяют первичные категории пространства-времени и частиц, и к категории токовых отношений, которая также опирается на две названные первичные категории, заменяя категорию полей переносчиков взаимодействий. Посколь-ку обе обобщенные категории фактически объединяют в себе классические категории пространства-времени и частиц, рассматриваемая в этой книге дуа-листическая реляционная парадигма может быть пояснена с помощью рис. 2.

Левая заштрихованная грань куба соответствует пространственно-вре-менным отношениям между частицами, тогда как правая заштрихованная грань — отношениям между частицами в пространстве скоростей (токов). При этом смещение второй грани вправо передает идею определяющего

¹⁵ В литературе термин «дальнодействие» часто ассоциируется с передачей воздействия одного объекта на другой с бесконечной скоростью безотносительно к наличию посредника. Кроме того, данный термин иногда связывают с тем, как быстро убывают с расстоянием соответствующие силы или потенциалы. Например, гравитационное и электромагнитное взаимодействия в этой трактовке относятся к дальнодействующим, тогда как слабое или сильное (ядерное) — к близко-действующим.

характера этих отношений в описании взаимодействий, которые (в общепринятом подходе) осуществляются через поля.

В XX веке концепция дальнего действия в наиболее развитом виде была представлена теорией прямого межчастичного взаимодействия (action-at-a-distance) Фоккера—Фейнмана. В соответствии с приведенным пониманием дальнего действия, в этой теории категория полей (переносчиков взаимодействий) исключается из числа исходных понятий: поля вводятся на некотором этапе развития теории, но лишь как вторичные вспомогательные понятия, строящиеся из характеристик частиц. Можно сказать, что в теории прямого межчастичного взаимодействия категории пространства-времени и частиц, характерные для данного видения мира, берут на себя функции оставшейся категории полей переносчиков взаимодействий. Наглядно суть новой обобщенной категории иллюстрируется правой заштрихованной гранью (см. рис. 2).

4. В работах ряда авторов были предприняты попытки построения аксиоматики геометрии в реляционной форме. Очевидно, что такая аксиоматика существенно отличается от общеизвестных аксиоматик евклидовой геометрии или специальной теории относительности, опирающихся на триалистическое или теоретико-полевое миропонимания. Во главу угла реляционных аксиоматик ставятся метрические аксиомы, а все остальное привязывается к свойствам метрики.

Концепция дальнего действия имеет глубокие корни в истории физики и натурфилософии, однако в прошлом веке ей суждено было оставаться в стороне от магистральных направлений теоретической физики. Изложение ее основ и полученных результатов не входило в вузовские программы. Некоторые даже опрометчиво полагали, что успехи теории поля (концепции ближнего действия) доказали несостоятельность концепции дальнего действия. Однако исследования в этом направлении продолжались и здесь был высказан ряд далеко идущих идей и гипотез.

Дискуссия по проблеме выбора реляционного или субстанциального подхода к сущности пространства-времени сейчас обострилась в связи с трудностями, возникшими в программе суперструн. Сторонники этой программы, продумывая основания своей теории, уже вынуждены обращать внимание на альтернативный взгляд в виде реляционной концепции. Об этом, в частности, пишет Б. Грин в заключительной части своей книги по теории суперструн. Примечательно, что там же им поставлен принципиально важный вопрос — Доколе физики в своих построениях будут пользоваться априорно заданным пространством-временем, а не выводить это понятие из физики? Более того, там была высказана мысль, что для его решения более подходящими являются идеи Г. Лейбница и Э. Маха.

Истоки реляционной парадигмы

Готфрид Лейбниц и другие шумно спорили, провозглашая, что пространство и время — всего лишь регистрационные приборы для удобной записи соотношений между объектами и событиями во Вселенной. Положение объекта в пространстве и во времени имеет смысл только в сравнении с другим объектом. Пространство и время есть лишь словарь для разговора об этих отношениях, ничего более. Несмотря на то, что точка зрения Ньютона, поддержанная его тремя экспериментально проверенными законами движения, господствовала в течение более двух сотен лет, концепция Лейбница, развитая австрийским физиком Эрнстом Махом, гораздо ближе к современной картине¹.

Б. Грин

Раскрытие сути пространства-времени относится к числу кардинальных вопросов фундаментальной физики и всего естествознания, в целом. Возникнув в трудах античных мыслителей, эта проблема уже в не столь отдаленное время занимала центральное место в мировоззрении И. Ньютона, Г. Лейбница, Э. Маха и других физиков и естествоиспытателей.

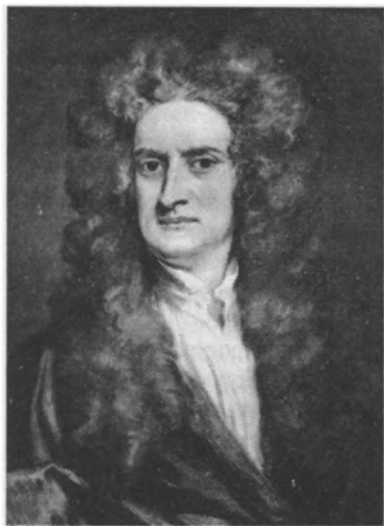
1.1. Реляционные взгляды Г. В. Лейбница

Удивительным образом учение Готфрида Вильгельма Лейбница (1646–1716 гг.) о реляционном характере физического мироздания сохраняет свою актуальность и в наше время. Поэтому в книге, названной «Вслед за Лейбницем и Махом», представляются правомерными достаточно обширные высказывания как самого Лейбница, так и авторитетных исследователей его наследия.

1.1.1. Дискуссия Лейбница с Кларком (Ньютоном) о природе пространства и времени

Исаак Ньютон (1643–1727 гг.) считал пространство и время абсолютными сущностями, независимыми от наличия реальных тел. Он писал: «Абсолютное, истинное математическое время само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью. Относительное, кажущееся или обыденное время есть

¹ Грин Б. Элегантная Вселенная, Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М.: Книжный дом «Либроком»/URSS, 2011. С. 242.



И. Ньютон (1643–1727)



Г. В. Лейбниц (1646–1716)

или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения, мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного математического времени, как-то: час, день, месяц, год.

Абсолютное пространство по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным. *Относительное* есть его мера или какая-либо ограниченная подвижная часть, которая определяется нашими чувствами по положению его относительно некоторых тел и которое в обыденной жизни принимается за пространство неподвижное»².

Таким образом, для Ньютона абсолютные пространство и время — это первичные сущности, тогда как относительные пространство и время представляют собой нечто вторичное, вспомогательное, связанное с наблюдениями человека.

Лейбниц же мыслил иначе, полагая первичными относительные понятия, и поэтому резко возражал против реальности абсолютного пространства, называл его «идолом современных англичан». Суть противостояния нашла отражение в его переписке с С. Кларком, отстаивавшим позиции Ньютона об абсолютных пространстве и времени. Примечательно, что развернувшаяся дискуссия, как это подчеркивал сам Лейбниц, носила метафизический характер и поэтому в ней широко использовались богословские доводы.

Приведем обширный фрагмент из третьего письма Лейбница к Кларку: «Эти господа, таким образом, утверждают, что *пространство* — реальное абсолютное существо, но это приводит их к большим трудностям. Ибо, кажется,

² Цит. по: Гайденок П. П. История новоевропейской философии в ее связи с наукой. М.: Университетская книга, 2000. С. 226; 3-е изд. М.: Книжный дом «Либроком»/URSS, 2011.

что это существо должно быть вечным и бесконечным. Поэтому некоторые считают, что оно является самым Богом или по крайней мере его атрибутом, его неизмеримостью. Но так как пространство имеет части, то оно несовместимо с понятием Бога.

Я неоднократно подчеркивал, что считаю *пространство*, так же и время, чем-то чисто относительным: пространство — *порядком существований*, а время — *порядком последовательностей*. Ибо пространство с точки зрения возможности обозначает порядок одновременных вещей, поскольку они существуют совместно, не касаясь их специфического способа бытия. Когда видят несколько вещей вместе, то осознают порядок, в котором вещи находятся по отношению друг к другу.

Для опровержения мнения тех, которые считают пространство субстанцией или по крайней мере какой-то абсолютной сущностью, у меня имеется несколько доказательств. Но сейчас я хочу воспользоваться одним, для применения которого мне представляется здесь случай. Итак, я утверждаю: если пространство было бы абсолютной сущностью, то случилось бы что-то, для чего невозможно было бы указать достаточное основание, а это нарушает нашу аксиому³. Доказываю я это следующим образом. Пространство является чем-то совершенно однородным, и, если отвлечься от находящихся в нем вещей, одна его точка абсолютно не отличается от любой другой точки. Следовательно, предполагая, что пространство является чем-то самим по себе, а не только порядком тел между собой, невозможно указать основание для того, почему Бог, сохраняя то же взаимное расположение тел, разместил их в пространстве именно таким образом, а не иначе и почему все не было расположено наоборот, если бы, например, поменяли местами восток и запад. Но если пространство не что иное, как этот порядок, или отношение, и если оно без тел не что иное, как только возможность давать им определенное положение, то именно эти два состояния — первоначальное и обращенное — ни в чем не отличаются друг от друга. Их различие содержится лишь в нашем химерическом предположении реальности пространства самого по себе. В действительности же одно состояние было бы точно таким же, как и другое, ибо они абсолютно неразличимы, и, таким образом, вопрос о том, почему одно состояние предпочитается другому, является неуместным.

Так же дело обстоит *со временем*. Допустим, кто-нибудь спросил бы, почему Бог не создал все на один год раньше; допустим дальше, он сделал бы из этого вывод о том, что Бог совершил что-то, для чего нельзя найти основание, по которому он действовал так, а не иначе. На это можно возразить, что подобный вывод был бы справедлив, если бы время являлось чем-то вне временных вещей, ибо тогда, конечно, было бы невозможно найти основание для того, почему вещи — при предположении сохранения их последовательности — должны были бы быть поставлены скорее в такие, чем в другие мгновения. Но как раз это доказывает, что мгновения в отрыве от вещей ничто, и они имеют свое существование только в последовательном порядке самих вещей, а так как этот порядок остается неизменным, то одно из двух

³ Здесь имеется в виду аксиома или принцип достаточного основания, которую Лейбниц формулирует следующим образом: «Ничто не происходит без достаточного основания к тому, что оно происходит скорее так, чем иначе».

состояний, например то, в котором все совершалось бы на определенный промежуток времени раньше, ничем не отличалось от другого, когда все совершается в данный момент, и различить их было бы невозможно»⁴.

Любопытен ответ Кларка на эти соображения Лейбница в его третьем письме: «Если бы пространство было только *порядком существующих вещей*, то в случае если бы Бог весь материальный мир сдвинул с места с любой скоростью прямолинейно, то последний все-таки все время оставался на одном и том же месте и при внезапной остановке движения не почувствовалось бы ни малейшего толчка. Дальше, если бы время было только *порядком последовательности созданных вещей*, то из этого следовало бы, что, если бы Бог создал мир на миллионы лет раньше, он все-таки несколько не был бы создан раньше. Кроме того, пространство и время являются количествами, чем положение и порядок не являются»⁵.

На последнее замечание Лейбниц ответил в следующем письме: «Что касается возражения, что будто пространство и время являются величинами или, скорее, объектами, которым присуща величина, в то время как этого нельзя сказать о положении и порядке, то я отвечаю, что порядок также имеет свою величину: ведь существуют в нем предыдущий и последующие члены, а следовательно, расстояние, или промежуток. Относительные вещи, так же как и абсолютные, имеют свою величину, например, в математике соотношения, или пропорции, имеют свою величину и измеряются посредством логарифмов, тем не менее они являются отношениями. Таким же образом пространство и время, хотя они и состоят из отношений, не исключают наличия у них величины»⁶.

Принципиальное различие позиций Кларка и Лейбница очевидно. Для Кларка, как и для Ньютона, пространство и время являются некими самостоятельными внешними сущностями по отношению к материальным объектам, тогда как у Лейбница эти понятия представляют собой внутренние свойства материи и при ее отсутствии теряют какое-либо содержание.

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

⁴ Лейбниц Г. Сочинения: В 4 т. Т. I. М.: Мысль, 1982. С. 441–442.

⁵ Там же. С. 446–447.

⁶ Там же. С. 483–484.

чувствуется некоторое нежелание открыто это признать»⁷. Сделанное замечание не утратило своей значимости и в наши дни.

В связи с пониманием сути пространства следует сказать и об отношении Лейбница к геометрии, особенно к ее аксиоматике. Оставаясь не удовлетворенным аксиоматикой Евклида и считая сформулированные им аксиомы вторичными из-за того, что они опираются не только на разум, но и на воображение, Лейбниц писал: «Я давно уже заявлял, что было бы важно доказать все наши вторичные аксиомы, которыми обычно пользуются, сведя их к *первичным*, или непосредственным, и недоказуемым аксиомам, представляющим то, что я <...> назвал *тождественными* положениями. <...> Я убежден, что для усовершенствования наук даже необходимо доказывать некоторые предложения, называемые аксиомами»⁸.

Особо следует выделить отношение Лейбница к пятому постулату Евклида о параллельных линиях: «Евклид отнес к числу аксиом положение, что две прямые могут пересечься лишь один раз. Воображение, опирающееся на чувственный опыт, не позволяет нам представить более одного пересечения двух прямых; но не на этом следует строить науку, и если кто-нибудь думает, что воображение дает связь отчетливых идей, то это показывает, что он недостаточно осведомлен относительно источника истин, и множество предложений, доказываемых посредством других, предшествующих им предложений, должны им считаться непосредственными»⁹. Эти слова оказались пророческими. Спустя сто с лишним лет Б. Риманом была открыта сферическая геометрия (геометрия постоянной положительной кривизны), в которой две кратчайшие линии обязательно пересекаются дважды.

1.1.2. Г. В. Лейбниц о всеобщей связи тел во Вселенной

Если опираться на идею абсолютного пространства и времени, то сам факт нахождения в них объектов уже означает наличие упорядоченности и задание отношений между ними. Если же отказаться от априорных пространства и времени, принять реляционный подход к их природе, то необходимо вместо них вводить глобальную систему отношений между всеми объектами мира, что и отличало сторонников реляционного подхода, начиная с Лейбница. Следует сразу же подчеркнуть, что этот подход содержит в себе значительно больше возможностей, нежели использование абстракции абсолютного пространства-времени.

Обычно, излагая учение Лейбница о физическом мироздании, сосредотачивают внимание на его монадологии, на свойствах монады, ее субстанциальности и одухотворенности. Используемая Лейбницем терминология отражала состояние науки той эпохи. В другое время можно было бы рассуждать не о монадах, а об атомах или о первоэлементах мироздания, из которых строятся все тела. Сегодня в рамках теории систем отношений следовало бы говорить не о лейбницевских монадах, а об элементах, составляющих частицы (например, о кварках). В любом из этих случаев главное состоит в отноше-

⁷ Мах Э. Познание и заблуждение. М.: БИНОМ (Лаборатория знаний), 2003. С. 421.

⁸ Цит. по: Гайденок П. П. История новейшей европейской философии в ее связи с наукой. С. 265.

⁹ Там же. С. 265.

ниях между первоэлементами, а следовательно, между объектами (телами или частями).

Приведем изложение взглядов Лейбница на мир как всеобщую систему отношений, данную его биографом Куном Фишером в обстоятельной книге «Лейбниц, его жизнь, сочинения и учение»¹⁰. Фишер пишет, что, согласно Лейбницу:

«Невозможно, чтобы существовала только одна монада. Если она и существует не благодаря другим, то все же существует вместе с ними, и ее понятие предполагает их бытие; следовательно невозможно мыслить и представить себе только одну монаду без других, связанных с нею, если и не физическим влиянием, то необходимым порядком. Стало быть, невозможно также, чтобы данная вещь представляла только свою индивидуальность, не включая в это представление непосредственно всех остальных индивидуумов. Если мы назовем совокупность или порядок вещей миром, то этот индивидуум возможен только в этом мире, в этом порядке вещей и не может без него ни существовать, ни быть понятым; поэтому природа каждого существа заключает в себе связь со всеми остальными, стало быть, саму Вселенную. Если, говоря словами Лессинга, в мире ничто не изолировано, то не может быть изолирован ни один индивидуум: в таком случае представление этого индивидуума есть непосредственно представление всех, или каждая монада есть представитель Вселенной: в своей самостоятельности она есть не только мир сам по себе, но, так как она существует в связи со всеми остальными, вместе с тем и этот большой мир в миниатюре, т. е. микрокосм, малый мир (petit monde), сконцентрированная Вселенная (univers concentre). Она есть представление вселенной не в том смысле, что получает это представление извне, как бы через окошко, через которое проникают в нее вещи внешнего мира, а в том смысле, что излучает это изображение, как зеркало, но не как мертвое зеркало, которое отражает его, а как живое, воспроизводящее свое изображение собственной силой (miroir actif vivant). „Эта связь или это согласование всех вещей с каждой отдельной и каждой отдельной со всеми остальными делает то, что каждая монада находится в известном отношении ко всем другим, и что, следовательно, она есть живое и вечное зеркало Вселенной“¹¹.

Два положения должны соединиться, чтобы образовать понятие микрокосма: первое, являющееся вместе с тем условием всякой философии, требует, чтобы вещи были связаны друг с другом, чтобы каждая отдельная вещь была включена в порядок целого и вследствие этого находилась бы в необходимом отношении ко всем другим. Как достоверно то, что существует миропорядок, связь всех вещей, так же достоверно и то, что каждая отдельная вещь есть представитель Вселенной. Абсолютный ум, который мог бы с полной ясностью постичь все, познал бы по каждой отдельной вещи целое, по самому незаметному существу все остальное, стало быть мир, по этому миру все творение, стало быть, самого Бога, с такой же отчетливостью,

¹⁰ СПб.: Издание Д. Е. Жуковского, 1905.

¹¹ Несколько иной перевод см. в: Лейбниц Г. В. Монадология // Сочинения: В 4 т. Т. I. М.: Мысль, 1982. С. 422.

как сведущий археолог узнает по торсу всю статую или естествоиспытатель по отдельной части растения или животного весь организм. <... >

Вторым условием является высшее основоположение лейбницевской философии, что каждая отдельная сущность есть субстанция, сила, монада, или что ни в какой вещи не происходит ничего такого, что не вытекает из силы, из особенной природы самой этой вещи. Если же, согласно первому основоположению, каждая вещь есть представление Вселенной, то из второго следует, что она производит это представление собственной силой, что в ней самой заключается представляющая сила, содержанием которой является целое, что, следовательно, каждая вещь есть мир-индивидум, космос *in individuo*, или микрокосм»¹².

К отмеченному добавим высказывание самого Лейбница о дальнедействующем характере всеобщей связи между объектами: «В наполненном пространстве всякое движение производит некоторое действие на удаленные тела по мере их отдаления, так что каждое тело не только подвергается влиянию тех тел, которые с ним соприкасаются, и чувствуют некоторым образом все то, что в последнем происходит, но через посредство их испытывает влияние и тех тел, которые соприкасаются с первыми, касающимися его непосредственно, то отсюда следует, что подобное сообщение происходит на каком угодно расстоянии. И следовательно, всякое тело чувствует все, что совершается в универсуме, так что тот, кто видит, мог бы в каждом теле прочесть, что совершается повсюду, и даже то, что совершилось или еще совершится, замечая в настоящем то, что удалено по времени и месту; все дышит взаимным согласием, как говорил Гиппократ»¹³.

1.1.3. Взгляды Ньютона и Лейбница на концепцию дальнего действия

Как уже отмечалось выше, субстанциальный и реляционный взгляды на природу пространства-времени тесно связаны с двумя концепциями взаимодействия в физике: близкодействия и дальнего действия.

Последовательную позицию в отстаивании концепции дальнего действия занимал Г. Лейбниц. В своем пятом письме к Кларку он писал: «Я говорил о том, что притяжение в собственном смысле слова или по образцу схоластических качеств было бы действием на расстоянии, *без посредника*.

Теперь мне отвечают, *притяжение без посредника* было бы противоречием. Отлично, но как тогда истолковать то, что Солнце должно притягивать земной шар через пустое пространство? Может быть, посредником служит Бог? Если бы это было так, то это было бы чудом, ибо превзошло бы силы созданных вещей.

Или, может быть, это какие-то нематериальные субстанции, какие-то духовные излучения, какая-то акциденция без субстанции, нечто преднамеренно созданное или я не знаю что еще, что должно называться посредниками? Это все вещи, которых можно измыслить довольно много, но нельзя достаточно обосновать.

¹² Фишер К. Лейбниц, его жизнь, сочинения и учение. СПб.: Издание Д. Е. Жуковского, 1905. С. 431–434.

¹³ Лейбниц Г. В. Сочинения: В 4 т. Т. I. С. 423–424.

Это средство связи, как говорят, является не механическим и недоступным зрению и осязанию. С таким же правом можно было бы прибавить, что оно необъяснимо, непонятно, сомнительно, лишено основания и не может быть проиллюстрировано примером.

Но, говорят, что оно регулярно, постоянно и, следовательно, естественно. На это я отвечаю, что оно не могло бы быть регулярным, не будучи разумным, и не могло бы быть естественным, не будучи объяснимым природой созданных вещей.

Если же это средство, при помощи которого вызывается реальное притяжение, постоянно и в то же время необъяснимо силами созданных вещей, то оно представляет собой непрерывное чудо. Если же оно не чудесно, то оно является ложным: химерой, схоластическим скрытым качеством»¹⁴.

Однако часто концепцию дальнего действия связывают с именем Ньютона, тогда как его нельзя признать ее сторонником. Так, в письме к Бентли он писал: «Нельзя представить себе, каким образом неодушевленное грубое вещество могло бы без посредства чего-либо постороннего, которое нематериально, действовать на другое вещество иначе, как при взаимном прикосновении. А так должно было быть, если бы тяготение было, в смысле Эпикура, присуще материи. Вот почему я желал бы, чтобы Вы не приписывали мне учения о тяжести, прирожденной материи. Допустить, что тяготение врожденно материи, присуще ей, так что одно тело должно действовать на расстоянии через пустоту на другое без посредства чего-либо постороннего, с помощью которого действие и сила от одного тела проводится к другому, есть для меня такая нелепость, что, полагаю, в нее не впадает ни один человек, способный к мышлению о философских вещах. Тяготение должно вызываться некоторым фактором, действующим согласно определенным законам»¹⁵.

Сторонники концепции близкого действия часто приводят эту цитату для подтверждения того, что Ньютон отвергал концепцию дальнего действия. Однако при этом опускается продолжение этой цитаты: «Какой это фактор, материальный или нематериальный, — я представляю размышлению моих читателей.» Он чувствовал насколько глубока эта проблема, много о ней размышлял, но не смог сделать окончательного вывода. Судя по другим его высказываниям, письмам и свидетельствам его современников, Ньютон склонялся к мистико-религиозному решению этого вопроса. Так, в записках его современника Грегори говорится: «У него были сомнения, может ли он выразить последний вопрос так: чем наполнено пространство, свободное от тел? Полная истина в том, что он верит в вездесущее Божество в буквальном смысле. Так, как мы чувствуем предметы, когда изображения их доходят до мозга, так и Бог должен чувствовать всякую вещь, всегда присутствуя при ней. Он полагает, что Бог присутствует в пространстве как в свободном от тел, так и там, где тела присутствуют»¹⁶. В «Оптике» Ньютон называет пространство «чувствилищем (Sensorium) Бога».

¹⁴ Лейбниц Г. Сочинения: В 4 т. Т. I. С. 499–500.

¹⁵ Цит. по: Кузнецов Б. Г. Развитие физических идей от Галилея до Эйнштейна в свете современной науки. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 155; 3-е изд. М.: Книжный дом «Либроком»/URSS, 2010.

¹⁶ Там же. С. 152.



Памятник Г. В. Лейбницу
в Лейпциге. Фото автора



Памятник И. Ньютону
в Кембридже. Фото автора

36

Следует обратить внимание, что как во времена Ньютона, так и позднее выход за границы знаний всегда оказывался сопряженным с размышлениями религиозного характера.

Как писал Лейбниц, «необходимо допустить нечто помимо материи, что было бы началом как восприятия, т. е. действия внутреннего, так и движения, т. е. действия внешнего. Такое начало мы называем субстанциальным, также первичной силой, первой энтелехией, одним словом, душой (*anima*). Это начало, будучи активным, в сочетании с пассивным составляет полную субстанцию. Очевидно, что оно начало непротяженное, иначе оно содержало бы в себе материальность против нашего предположения, ибо мы показали, что оно представляет собой нечто приводящее в дополнение к материи. Итак, душа — это нечто субстанциальное и простое, не имеющее частей, внеположенных одна другой»¹⁷.

Лейбниц полагал, что две природы материи всегда присутствуют слитно: «...души в отдельности от тел в природе не существуют; так как они — первоначальные энтелехии, т. е. чисто активны, то нуждаются в некотором пассивном начале, которое бы их дополнило»¹⁸.

Второе (активное) начало в естественно-научной картине мира Лейбница играло чрезвычайно важную роль: «Хотя тяжесть и сила упругости могут и должны объясняться из движения эфира, однако последняя причина (*ratio*)

¹⁷ Лейбниц Г. В. Сочинения: В 4 т. Т. I. С. 384.

¹⁸ Там же. С. 385.

движения материи есть сила, приданная ей при самом ее создании, которая присуща каждому телу, но ограничивается и сдерживается в природе самими разнообразными столкновениями тел между собой. И я утверждаю, что эта способность действовать присуща всякой субстанции и из нее всегда порождается какое-то движение»¹⁹.

Важным моментом в философии Лейбница является его трактовка понятий (самих категорий) в духе редукционизма, т. е. через некоторые конструкции, составленные из более элементарных понятий. Это, прежде всего, относилось к пониманию Лейбницем геометрии, но в значительной степени и к определению наблюдаемой материи. Здесь можно усмотреть начало так называемого ныне макроскопического подхода к природе классического пространства-времени и всей классической физики. Забегая вперед, заметим, что, с позиций макроскопического подхода, привычные понятия геометрии и физики возникают из наложения огромного числа неких факторов, присущих физике микромира.

Согласно Лейбницу, все тела состоят из монад. Сами же монады, в отличие от тел, обладают свойствами, принципиально отличными от механических. Как пишет Лейбниц, они «необъяснимы причинами механическими, т. е. с помощью фигур и движений». Подробный перечень их свойств дан в его «Монадологии».

Учение Лейбница о монадах поднимает множество принципиально важных вопросов, которые созвучны концептуальным проблемам, обсуждавшимся в XX веке в рамках макроскопического подхода к природе классического пространства-времени: Каковы свойства первичных факторов микромира? Каким образом формируются первичные факторы (монады)? Каким образом из свойств первичных факторов возникают общепринятые понятия классической физики и геометрии? Очевидно, что в рамках естественно-научных представлений того времени невозможно было ответить на эти вопросы с достаточной полнотой, поэтому рассуждения Лейбница носят порой противоречивый характер, что отмечалось многими исследователями его наследия. Так, например, вызывало недоумение положение о возникновении свойств непрерывности у материальных тел, если образующие их монады составляют дискретное множество. Однако сам факт постановки указанных проблем весьма примечателен.

37

1.1.4. Великий ученый и мыслитель Г. В. Лейбниц

Чтобы глубже понять мировоззрение и научное кредо Лейбница, дадим краткую биографическую справку о нем.

Готфрид Вильгельм Лейбниц (1646–1716 гг.) родился в Лейпциге в семье юриста Фридриха Лейбница, который долгое время служил нотариусом, а затем в течение 12 лет вплоть до своей смерти (1652) был ассесором философского факультета и профессором морали Лейпцигского университета. Мать Лейбница была дочерью известного профессора права в Лейпциге. В набросках своей автобиографии Г. Ф. Лейбниц отмечал, что его фамилия (Lubeniec) имеет славыяские корни и встречается в Польше и Богемии.

¹⁹ Лейбниц Г. В. Сочинения: В 4 т. Т. 1. С. 246.

В 1661–1666 гг. он был студентом Лейпцигского университета, где изучал философию и юриспруденцию, а в Иенском университете постигал математику. Находясь под влиянием Р. Луллия, в одном из своих первых сочинений «Об искусстве комбинаторики» (1666) он развивал идею «великого искусства открытия» — комбинаторику, которая, по его мнению, опираясь на некие «первые истины», позволяет логически вывести всю систему знания. Эта идея стала ключевой в его последующей деятельности, нацеленной на разработку принципов «универсальной науки».

Как пишет П. П. Гайденко: «Человек разносторонних дарований и неутомимой энергии, Лейбниц был далек от того типа мыслителя, каким являлись Р. Декарт и Б. Спиноза, будучи по своему складу ближе к английскому лорд-канцлеру Ф. Бэкону. Это не способствовало созданию систематически изложенного учения, так что идеи Лейбница по большей части представлены в небольших трактатах, посвященных отдельным проблемам, и в многочисленных письмах, изданных посмертно, как большая часть его произведений (все они написаны на французском языке): „Рассуждения о метафизике“ („Discours de metaphysique“, 1686, изд. 1746, рус. перевод в 1890 г.), „Новая система природы“ („Systeme nouveau de la nature“, 1695, рус. перевод в 1890 г.), „Новые опыты о человеческом разумении“ („Nouveaux essais de sur l'entendement humain“, 1704, изд. 1765, рус. перевод в 1936 г.), „Теодицея“ („Essais de Theodicee“, 1710, рус. перевод в 1887–1892 гг.), „Монадология“ („La Monadologie“, 1714, изд. 1720, рус. перевод в 1890 г.), „Начала природы и благодати, основанные на разуме“ („Principes de la nature et de la grace, fondees en raison“, 1714, изд. 1718, рус. перевод в 1908 г.).

Исключительно восприимчивый и широко образованный, Лейбниц испытал влияние очень разных мыслителей: Платона, Плотина, Аристотеля, Августина, Р. Луллия, Фомы Аквинского, номиналистов, Дж. Бруно, ван Гельмонта, Р. Декарта, Б. Спинозы, Т. Гоббса, А. Гейлинкса и др. При этом он обладал способностью примирять и объединять самые разные идеи; в отличие от Декарта, противопоставившего новую науку традиционной схоластической философии, Лейбниц был убежден в необходимости примирить платонизм и аристотелизм в их средневековой интерпретации с физикой и астрономией Г. Галилея и И. Кеплера, геометрией Б. Кавальери, анализом У. Дж. Валлиса и Х. Гюйгенса, а также с биологией Р. Левенгука и Я. Сваммердама²⁰.

Обратим внимание на тот факт, что, несмотря на стремление согласовать различные идеи и точки зрения, Лейбниц не мог примирить взгляды Ньютона и свои на природу пространства, времени, а также концепции близкодействия Ньютона и дальнего действия, которую он отстаивал.

На формирование естественно-научных взглядов Лейбница оказало большое влияние непосредственное общение с крупнейшими учеными и мыслителями того времени. Так, во время пребывания в 1672–1676 гг. в Париже он общался с Х. Гюйгенсом и Н. Мальбраншем, в 1673 г., находясь в Лондоне, познакомился с И. Ньютоном и Р. Бойлем. Еще раньше в Голландии, по дороге из Франции в Германию, он встречался с Б. Спинозой и там же узнал о важных открытиях А. Левенгука, оказавших на него большое влияние.

²⁰ Статья П. П. Гайденко в «Философской энциклопедии» (в печати).

Труды Лейбница в области философии, физики, математики, юриспруденции и в других разделах науки получили мировую известность. Кроме физики и философии, особенно велики его заслуги в математике. Ему принадлежит заслуга введения так называемого закона сохранения «живых сил» (1686), который фактически явился первой формулировкой закона сохранения энергии. Он связал сохранение импульса с однородностью пространства. Историки физики утверждают, что он также сформулировал понятие действия в механике.

Лейбниц, наряду с Ньютоном, является создателем дифференциального и интегрального исчисления. Именно им были введены термины и обозначения дифференциала d и интеграла $\int$, которыми мы до сих пор пользуемся. Он дал определения дифференциала и интеграла, вывел правила дифференцирования суммы, произведения, частного, степени, функции от функции, ввел термины «дифференциальное исчисление», «дифференциальное уравнение», «функция», «переменная», «алгебраические и трансцендентные кривые», «алгоритм», открыл правила нахождения и анализа экстремальных точек кривых (с помощью вторых производных) и отыскания точек перегиба. Много сил и здоровья ушло у него на многолетний спор с Ньютоном о первенстве в открытии дифференциального и интегрального исчисления.

Однако чаще всего Лейбница вспоминают как мыслителя, оказавшего значительное влияние на развитие философии и, прежде всего, немецкого классического идеализма. Под непосредственным воздействием его трудов формировались учения И. Канта, И. Ф. Гербарта, Р. Г. Лотце и многих других известных философов.

П. П. Гайденко обращает внимание на специфическую черту философского учения Лейбница: «Он пытается реабилитировать права метафизики в деле познания природы и показать, что метафизика, как утверждал Аристотель, остается первой наукой не только по отношению к миру духа, но и по отношению к миру природы. Не математика, а именно метафизика должна, по Лейбницу, раскрыть существенные измерения природного бытия. Это и понятно: коль скоро не протяжение, а сила представляет собой главное определение природы, то не геометрия, а динамика является основной наукой о природе. Динамика, по Лейбницу, изучает взаимодействие сил, пользуясь при этом математикой, а сущность силы может раскрыть только метафизика, но отнюдь не математика»²¹.

Лейбниц в своих рассуждениях широко использовал метафизический принцип достаточного основания: «До сих пор я говорил просто как физик; теперь нам предстоит подняться на высоту *метафизики*, пользуясь *великим принципом*, к которому обыкновенно редко прибегают и который гласит следующее: *ничего не делается без достаточного основания*, т. е. не происходит ничего такого, для чего нельзя было бы при полном познании вещей указать основания, достаточного для определения, почему это происходит так, а не иначе»²².

Многое сделал для распространения идей Лейбница его ученик Христиан Вольф, который систематизировал его учение и придал ему строгую академическую форму. Отметим, что метафизические и естественно-научные позиции

²¹ Гайденко П. П. История новоевропейской философии в ее связи с наукой. С. 276.

²² Лейбниц Г. В. Сочинения: В 4 т. Т. 1. С. 408.

М. В. Ломоносова (1711–1765 гг.) сложились под влиянием Х. Вольфа, однако вряд ли можно причислить его к сторонникам реляционной парадигмы. Во взглядах Ломоносова объединились представления о лейбницевских монадах («Расположение физических монад есть место, в котором любая монада пребывает по отношению к другой») с воззрениями Гюйгенса о природе света. В центре миропонимания Ломоносова была категория частиц (монад), на основе которой им давалось определение материи.

В России распространение метафизических и естественно-научных идей Лейбница связано с именами А. А. Козлова, С. А. Аскольдова, Л. М. Лопатина, Н. О. Лосского, С. А. Левицкого.

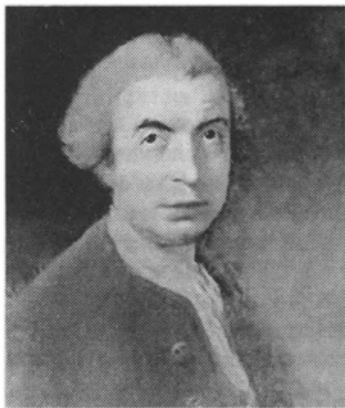
Следует также отметить, что Лейбниц вел большую организаторскую деятельность. Так, он содействовал созданию в 1700 г. Берлинской академии наук и был первым ее президентом. В 1711, 1712 и 1716 гг. Лейбниц встречался с Петром Первым, побуждая его приступить к организации Российской академии наук, и даже составил план ее организации.

1.2. Реляционная парадигма в период между Лейбницем и Махом

Начиная с работ Ньютона и Лейбница, возникла дилемма: природа пространства является реляционной или субстанциальной? А отсюда вытекала еще одна дилемма: в описании взаимодействий в физике следует придерживаться концепции дальнего действия или ближнего действия? В дальнейшем было много сторонников как той, так и другой точек зрения. Доминировала, то одна из них, то другая, причем характерно то, что концепция дальнего действия чаще связывалась не с именем Лейбница, а с именем Ньютона.

1.2.1. Реляционные идеи после Лейбница

Из последователей реляционных взглядов Лейбница, прежде всего, назовем хорватского ученого Руджера Иосипа Бошковича (1711–1787 гг.). Он развивал *атомистическую программу*, где частицы (первоэлементы природы) трактовались как непротяженные точки, являющиеся центрами сил. При этом он не наделял их свойствами твердости или непроницаемости, как это было у ряда его предшественников.



Р. И. Бошкович (1711–1787)

Бошкович, в отличие от многих других, не относил пространство к самостоятельной категории и определял его через понятие возможности, тогда как в действительности существуют лишь центры сил. Он писал: «Я не признаю никакого сосуществующего континуума. <...> Ибо пространство для меня не есть какой-либо реальный континуум, но только воображаемый». В другом месте он расшифровывает свою позицию: «В действительности всегда существует гра-

ница и определенное число точек и интервалов; напротив, *в возможном* нигде нет конца. Поэтому абстрактное рассмотрение возможностей как раз и порождает в нас идею непрерывности и бесконечности некой воображаемой линии. Но так как сама эта возможность есть нечто вечное и необходимое — ибо от века и необходимо является истиной, что могут существовать эти точки со всеми их свойствами и модусами, — то и *воображаемое*, непрерывное и безграничное пространство есть нечто вечное и необходимое; однако оно *не есть нечто существующее*, а есть простое неопределенное предположение чего-то, *могущего существовать*²³. Таким образом Бошкович предлагал устранить из физики континуум.

Взаимодействия Бошкович также не относил к самостоятельной категории, считая их внутренним свойством атомов-центров сил. Существенным моментом его воззрений было положение об одновременном присутствии сил притяжения и отталкивания, зависящих от расстояния между точками-центрами сил. На малых расстояниях преобладающими оказывались силы отталкивания, бесконечно возрастающие при уменьшении расстояний, что не позволяло точкам слиться. На больших расстояниях силы отталкивания сменялись силами притяжения, убывающими обратно пропорционально квадрату расстояния, как это имеет место в ньютоновом законе всемирного тяготения.

Историки физики отмечают, что в XVIII веке работы Бошковича, хотя и вызвали восхищение, но последователей практически не имели. Можно сказать, что они оказались преждевременными. Значительно больший резонанс его идеи получили в XIX веке.

Далее следует назвать одного из крупнейших специалистов по психологии того времени **И. Ф. Гербарта** (1776–1841 гг.), на труды которого Э. Мах многократно ссылался в своих книгах, поскольку и сам занимался психологией. Как пишет историк физики Г. Е. Горелик, «значительное внимание Герbart уделял понятиям пространства и времени. Для его взглядов в целом характерно лейбницевское понимание пространства и времени как отношения тел и явлений и, соответственно, неприятие учения (зрелого) Канта об априорно заданных и логически единственно возможных формах пространства и времени. Книгу 1824 г. Герbart заканчивает таким „психологическим“ утверждением: „Пространственное и временное, по своему понятию, — нечто *относительное*; всякое реальное, рассматриваемое само по себе, есть нечто *абсолютное*, поэтому, и не почему другому, реальное само по себе невременное и непространственно“. Такое лейбницианство, как известно, было присуще и Маху»²⁴.

Примечательны также идеи и утверждения чешского математика и логика **Б. Больцано** (1781–1848 гг.), который сформулировал понятие размерности в евклидовом пространстве в реляционном духе, т. е. через понятие отношений (расстояний) между характерным для каждой размерности числом точек. Впоследствии эти идеи будут развиты на современном математическом языке в работах по теории физических структур Ю. И. Кулакова и его учеников.

Для развития концепции дальнего действия уже в XX веке важное значение имел принцип наименьшего (экстремального) действия, введенный в 40-х го-

²³ Цит. по: Гайденоко П. П. История новоевропейской философии в ее связи с наукой. С. 208.

²⁴ Горелик Г. Е. Эрнст Мах и проблема размерности пространства // Исследования по истории физики и механики. 1993–1994. М.: Наука, 1997. С. 82–83.

дах XVIII века П. А. М. Мопертюи (1698–1759 гг.) в докладе «Согласование различных законов природы, которые до сих пор казались несовместимыми». В применении к свету закон гласил: «Он выбирает путь, дающий более реальную экономию: путь, по которому он следует, — это путь, на котором величина действия минимальна». Напомним, что величина действия понимается как произведение количества движения на пройденный путь. Это открытие вызвало ожесточенные дискуссии телеологического характера, в которых участвовали Самуэль Кениг (1712–1757 гг.), Вольтер, Вольф и другие. Недоумение вызывал тот факт, что задание начального и конечного состояний системы определяет ее эволюцию во все промежуточные моменты времени. Возникал вопрос: Как конечное состояние может влиять на предыдущие состояния? Этот принцип пытались использовать для обоснования существования Бога.

Принцип экстремального действия широко используется в XX веке как в рамках теоретико-полевого, так и геометрической парадигм. Однако наиболее существенным образом он проявился в принципе Фоккера в теории прямого межчастичного взаимодействия, развивавшейся в работах А. Д. Фоккера, Р. Фейнмана, Ф. Хойла, Дж. Нарликара и ряда других авторов. Характерно, что в исходных понятиях этой теории опережающие и запаздывающие воздействия присутствуют на равных правах и возникает проблема устранения опережающих влияний.

Закрепленные концы классической траектории частицы или задание начальных и конечных состояний механических систем сродни методу S-матрицы в квантовой механике или идеям бинарной геометрофизики, положенным в наших работах в основание реляционной картины мира. При этом свойство непрерывности промежуточных состояний, необходимое для применения вариационного принципа, следует рассматривать как удобный способ описания огромного числа промежуточных событий (дискретных переходов), в которых участвуют (без существенного влияния на конечное состояние) классические системы.

1.2.2. Концепция дальнодействия в немецкой физической школе XIX века

В начале и в середине XIX века были довольно сильны позиции сторонников как концепции дальнодействия, так и концепции близкодействия, однако есть основания полагать, что доминировавшей являлась концепция дальнодействия. Главными сторонниками этой концепции выступали ведущие представители немецкой физической школы: В. Вебер, Л. Лоренц, Франц и Карл Нейманы, Г. Т. Фехнер, К. Ф. Целльнер и некоторые другие²⁵. К ним примыкали такие известные математики, как Б. Риман и К. Гаусс. Напомним, их имена связаны с открытием неевклидовых геометрий, которое затем привело к созданию общей теории относительности.

Известно, что в 1845 г. В. Вебер отправил на отзыв Гауссу свою работу «О всеобщем законе электрического действия», в которой излагались его взгляды в русле концепции запаздывающего дальнодействия, т. е. передающегося

²⁵ Этот вопрос более подробно изложен в статье: Булюбаш Б. В. Электродинамика дальнодействия // Физика XIX–XX вв. в общенаучном и социокультурном контекстах. (Физика XIX в.) М.: Наука, 1995. С. 221–250.

от одного заряда к другому с конечной скоростью. В ответном письме Гаусс с одобрением отозвался о его работе и упомянул о своих размышлениях над этой проблемой, добавив: «Я бы, без сомнения, давно опубликовал результаты моих исследований, если бы в то время не забросил их, поскольку мне не удалось найти то, что я считал краеугольным камнем: *Nil actum reputans si quid superesset agendum* [Пока не все сделано, считай, что ничего не сделано (лат.)], а именно вывод добавочных сил, дополняющих взаимодействие покоящихся электрических зарядов, когда они оба находятся в движении, — из действия, которое распространяется не мгновенно, но с течением времени, как в случае света»²⁶. Известно, что добавочные силы (силы Лоренца) затем были обоснованы в рамках максвелловской теории электромагнитного поля, которая надолго затмила это направление исследований.



К. Гаусс (1777–1855)



К. Ф. Целльнер

Многие соображения, высказанные представителями немецкой физической школы, значительно опередили свое время, предвосхитив многое из того, что будет получено значительно позднее. Перечислим некоторые из них.

1. В трудах В. Вебера, К. Ф. Целльнера и других дальное действие понималось как передающееся с некоторой конечной скоростью, т. е. было оторвано от традиционного в начале XIX века представления о бесконечной скорости распространения дальнедействующего взаимодействия.
2. В работах К. Неймана и других отвергалось распространение электрического взаимодействия вне зависимости от существования «излучателя» и «приемника». Предполагалось обязательное наличие как источника, так и поглотителя.
3. В ряде публикаций В. Вебера делался вывод, что «непосредственное взаимодействие двух электрических масс зависит не только от этих масс, но также от присутствия третьего тела». Кроме того, им проводилась аналогия с введенным Берцелиусом понятием «каталитической силы». Тем самым делался еще один шаг от традиционного дальнего действия, где полагалось, что сила зависит только от расстояния между двумя телами.

Это чрезвычайно важное предвидение, имеющее глубокое философское содержание. Здесь устанавливались связи с теми философскими направлениями, в рамках которых утверждалось, что поведение отдельных элементов

²⁶ Цит. по: Нарликар Дж. Инерция и космология в теории относительности Эйнштейна // Астрофизика, кванты и теория относительности. М.: Мир. 1982. С. 506.

системы не может быть описано без учета свойств системы в целом. Близкие идеи можно найти в философии Г. Лотце, во взглядах виталистов и других. Позднее эти идеи нашли свое выражение в виде принципа Маха.

4. Особо следует выделить работы К. Ф. Цельнера, в которых выдвигалась гипотеза, что «многие явления, для которых физика еще не нашла адекватного объяснения, на самом деле происходят в четырехмерном мире. При этом наши органы чувств фиксируют своего рода проекцию „четырёхмерных процессов на трёхмерный мир“»²⁷. Примечательно, что к 4-мерным процессам Цельнер относил не только гравитационное, но и электрическое взаимодействие. Конечно, здесь четвертое измерение подразумевалось пространственным, а не времени-подобным, как в специальной теории относительности. В какой-то степени здесь предвосхищались идеи 5-мерных теорий Калуцы и Клейна.
5. Цельнер пошел дальше теории взаимодействий. В орбиту его размышлений попали и вопросы о сущности самого пространства. Цельнер отвергал ньютоновское абсолютное пространство и связывал понятие пространства с взаимодействиями объектов: «пространство трех измерений определяется законом, по которому взаимодействие тел может меняться без изменения самих тел»²⁸.
6. Высказывались и другие идеи, в частности, уже в 70-е годы прошлого столетия Цельнер проявлял интерес к работам Н. И. Лобачевского, Я. Бояи, Б. Римана по неевклидовым геометриям.

Следует отметить, что Цельнеру не удалось преодолеть искушение впасть в мистику. Используя идеи дальнего действия, в своих работах и выступлениях он пытался обосновать спиритизм и некие загадочные явления человеческой психики, чем скомпрометировал свою научную репутацию.

1.3. Причины утверждения концепции близкого действия

Идеи и выводы немецкой физической школы середины XIX века намного опередили свое время. Во второй половине XIX века после работ М. Фарадея и Д. К. Максвелла, увенчавшихся открытием уравнений электромагнитного поля, стало казаться, что в рамках теории поля удастся избежать трудности прямого межчастичного взаимодействия. Концепция близкого действия тогда представлялась обладающей рядом неоспоримых преимуществ. В последней четверти XIX века немецкая физическая школа, опирающаяся на концепцию дальнего действия, уступила первенство английской физической школе. В результате более, чем на столетие теория поля стала доминирующей.

1.3.1. Проблемы концепции дальнего действия в физике XIX века

Перечислим основные причины отхода физиков во второй половине XIX века от идей концепции дальнего действия. Одна из них имела субъективный характер. О ней писал Эйнштейн: «За пределами физики мы ничего не знаем о силах, действующих на расстоянии. Желая установить причинную связь между

²⁷ Цит. по: Булюбаш Б. В. Электродинамика дальнего действия // Физика XIX–XX вв. в общенаучном и социокультурном контекстах. М.: Наука, 1995. С. 244.

²⁸ Там же. С. 79.

наблюдаемыми нами явлениями, мы, по-видимому, встречаемся только с взаимодействиями, обнаруживающимися при непосредственном соприкосновении (например, передача движения толчком, давлением или тягой, нагревание или воспламенение и т. д.). Однако в повседневной жизни тяжесть, т. е. сила, действующая на расстоянии, играет одну из главных ролей. Но так как тяжесть тел является для нас чем-то постоянным, не меняющимся ни в пространстве, ни во времени, то мы не задумываемся над причиной тяжести тел, и поэтому для нас остается неосознанной и природа сил, действующих на расстоянии. Лишь теория тяготения Ньютона впервые поставила вопрос о причине силы тяжести, определив ее как силу, действующую на расстоянии и зависящую от масс. Действительно, теория Ньютона сделала самый большой шаг, который когда-либо был сделан на пути попыток установить причинную связь явлений природы; тем не менее, современники Ньютона встретили эту теорию весьма скептически. Им казалось, что она противоречит вытекавшему из всех других опытов принципу действия тел друг на друга через прикосновение»²⁹.

Однако были и причины объективного характера. Во второй половине XIX века в рамках концепции дальнего действия накопилось слишком много проблем, на которые физика того времени еще не могла дать ответ. Назовем главные из них.

1. Концепция дальнего действия опиралась на атомарную структуру материи, которая в тот период не представлялась очевидной.
2. В рамках концепции дальнего действия естественными были представления об элементарных носителях электрического заряда. Электроны и другие элементарные частицы еще не были открыты.
3. Говоря о запаздывающем дальнем действии, его сторонники еще не могли опереться на универсальную роль скорости света, которая была осознана лишь после открытия специальной теории относительности.
4. Были некоторые различия между формулами, описывающими электромагнитные взаимодействия частиц в рамках двух концепций. В теории поля они оказались более совершенными.
5. Решение дифференциальных уравнений в рамках теории поля давало ряд технических преимуществ по сравнению с более громоздкими рассуждениями в рамках концепции дальнего действия.

Были и другие факторы объективного и субъективного (психологического) характера. С концепцией дальнего действия произошла примерно та же история, что и с идеей о многомерии физического мира (с 5-мерной теорией Калуцы). В итоге многие положения и результаты немецкой физической школы середины XIX века затем оказались забытыми.

1.3.2. Мистика мирового эфира

Особо следует остановиться на «мистике мирового эфира», послужившей серьезным препятствием для утверждения идей реляционного подхода к геометрии и физике. Об этом достаточно обстоятельно написано в статьях А. Эйн-

²⁹ Эйнштейн А. Эфир и теория относительности // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. I. М.: Наука, 1966. С. 682.

штейна и Я. И. Френкеля. О статье Френкеля под названием «Мистика мирового эфира» писалось в первой из данной серии книг. В ней есть такие слова: «Мистицизм, т. е. вера в сверхъестественное, наименее уместен, казалось бы, в естественных науках. В действительности, однако, не только биология, но и физика не вполне свободны от мистических элементов. В области физических наук очагом, или средоточием, мистицизма является, по нашему мнению, понятие мирового эфира. Это понятие до сих пор многими учеными рассматривается как основание физического строения мира. В этом смысле роль эфира вполне сравнима с ролью божества в религиозном понимании Вселенной»³⁰.

Как писал Эйнштейн, «довольно долго пространство оставалось в сознании физиков лишь пассивным хранилищем бытия, не принимавшим никакого участия в физических процессах». Однако после работ Гюйгенса, Френеля и других авторов, установивших волновую природу света, физикам пришлось заняться объяснением этого явления и построением соответствующей теории. Поскольку объяснение неизвестного обычно сводится к нахождению аналогий в круге хорошо известных явлений, то в данном случае таковым явился процесс распространения волн по поверхности воды. А раз так, то понадобилось введение в «пассивный хранитель бытия» некоей среды — эфира, волновые возбуждения которой могли описывать волновую природу света.

В статье Френкеля подробно описывалась история эволюции представлений об эфире. Было рассказано, как вводились отдельные эфиры для описания передачи световых, электрических, магнитных, гравитационных воздействий от одного тела к другому. Затем по мере уточнения природы этих полей происходил процесс слияния этих эфиров, аналогичный тому, как множество языческих богов, отвечавших за различные стороны жизни человека, постепенно уступили место представлениям о едином Боге.

Эйнштейн в своих работах касался истории с эфиром во второй половине XIX века, сложившейся после работ Фарадея и Максвелла: «Поскольку физикам XIX столетия казалось совершенно абсурдным приписывать физические функции или состояния самому пространству, то по образцу весомой материи была придумана пронизывающая все пространство среда — эфир, предполагаемый носитель электромагнитных и световых процессов. Состояния этой среды, которые должны были отвечать электромагнитному полю, строились сначала чисто механически по образцу упругих деформаций в твердых телах. Однако полностью построить механическую теорию эфира не удавалось, и постепенно все привыкли отказываться от выяснения природы эфирных полей. Так эфир превратился в субстанцию, обладавшую единственной функцией, — служить носителем электрических полей, природа которых не поддавалась дальнейшему анализу. Возникла следующая картина: пространство заполняется эфиром, в котором плавают материальные частицы или атомы весомой материи. <...> Непонятными были прежде всего механические свойства эфира. Но пришли великие идеи Г. А. Лоренца. Все известные в то время явления электромагнетизма можно было объяснить на основе двух предположений. Эфир жестко связан с пространством, т. е. он вообще не может двигаться.

³⁰ Френкель Я. И. Мистика мирового эфира // Я. И. Френкель. На заре новой физики. Л.: Наука, 1970. С. 136.

Электричество жестко связано с подвижными элементарными частицами. В наши дни эту концепцию можно изложить так: физическое пространство и эфир — это лишь различные выражения для одной и той же вещи; поля суть физические состояния пространства. В самом деле, если эфиру нельзя придать любое состояние движения, то, очевидно, нет никаких оснований вводить эфир наряду с пространством как особую сущность. Однако такой способ рассуждений был еще чужд физикам»³¹.

Но это ведь и означает переход к субстанциальной природе пространства. После создания специальной теории относительности, объединившей пространство и время в единое 4-мерное многообразие, уже речь пошла о субстанциальной природе пространства-времени.

Об этом же писал в своей статье и Я. И. Френкель: «При таких условиях неподвижный эфир Лоренца совершенно утрачивает всякий физический смысл и вместе с тем всякое право на дальнейшее существование. Из „всего“, чем он представлялся в эпоху расцвета теории Максвелла, он катастрофическим образом и вместе с тем почти незаметно, благодаря неизменности своего названия, превратился в „ничто“, в *синоним пустого пространства* (курсив мой. — Ю. В.)... Эфир оказался не фундаментом величественного здания современного электромеханического мировоззрения, а теми „лесами“, которые были необходимы при его возведении и которые убираются долой по окончании постройки»³². Отсюда Френкель сделал вывод, что наступила эра физического атеизма.

Таким образом, можно утверждать, что роль эфира фактически перешла к категории пространства-времени, очищенного от всех наслоений эфира прошлых лет, но при этом самостоятельный характер получила новая физическая категория поля переносчиков взаимодействий на фоне непрерывного пространства-времени. Именно это представление о субстанциальной природе пространства-времени ляжет в основу теоретико-полевой парадигмы, доминировавшей в течение всего XX века.

³¹ Эйнштейн А. Проблема пространства, эфира и поля в физике // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. 2. М.: Наука, 1966. С. 278–279.

³² Френкель Я. И. // Я. И. Френкель. На заре новой физики. С. 146.

Реляционные корни теории относительности

Мах в девятнадцатом столетии был единственным, кто серьезно думал об исключении понятия пространства, которое он пытался заменить представлением о всей сумме расстояний между всеми материальными точками. (Он предпринял эту попытку для того, чтобы прийти к удовлетворительному пониманию инерции.)¹

А. Эйнштейн

Хотя я сейчас не могу говорить о том, насколько ясны взгляды Маха на относительность инерции, но по крайней мере могу с определенностью сказать, что его идеи оказали на меня чрезвычайно большое влияние².

А. Эйнштейн

48

Следует отличать «реляционную теорию» от «релятивистской теории». Первая имеет дело с отношениями между событиями и материальными объектами, тогда как вторая акцентирует внимание на зависимости (относительности) рассматриваемых понятий от используемых систем отсчета. Реляционная теория содержит в себе принципы релятивистской теории, так как в ней также чрезвычайно важную роль играют тела (и системы) отсчета. Что же касается релятивистской теории, то она может оперировать понятиями нереляционного характера, например, точками априорно заданного пространства-времени, которое может рассматриваться без помещенных в него материальных объектов.

С появлением специальной теории относительности эти два типа теорий нередко воспринимались как тождественные. Однако постепенно стало проявляться их существенное различие. Решающую роль в этом сыграло построение общей теории относительности, давшей мощный толчок для развития физики в рамках совершенно иной, геометрической парадигмы.

¹ *Эйнштейн А.* Относительность и проблема пространства // Собрание научных трудов. Т. II. М.: Наука, 1966. С. 749.

² *Эйнштейн А.* Как создавалась теория относительности // Эйнштейновский сборник. 1980–1981. М.: Наука, 1985. С. 9.

2.1. Реляционное мировоззрение Э. Маха

После трудов Максвелла и успехов теории поля многие идеи и результаты реляционного подхода, полученные немецкой физической школой, оказались практически забытыми. Однако идеи концепции дальногодействия не были окончательно утрачены. Их носителем и сторонником оказался Эрнст Мах (1838–1916 гг.), формирование которого пришлось на период расцвета в немецкой физической школе концепции дальногодействия. Не удивительно, что он пронес эти идеи через всю свою жизнь, внося в их дальнейшую разработку значительный вклад. Физика многим обязана Э. Маху, но прежде всего здесь следует отметить его глубокий критический анализ ньютоновских представлений об абсолютных пространстве, времени и всей механики. Тем самым он оказался у истоков создания как общей теории относительности, так и, можно сказать, квантовой механики.

2.1.1. Реляционная природа пространства-времени

Э. Мах разделял реляционные взгляды Лейбница, считавшего категории абсолютного пространства и времени «бессмысленными». Как и Лейбниц, он полагал, что в отсутствие тел не существует ни пространство, ни время.

Мах в своей «Механике» раскритиковал представления Ньютона об абсолютном пространстве и времени, изложенные в «Математических началах натуральной философии». Он писал: «Ньютон изменяет своему намерению исследовать только *фактическое*. Об абсолютном пространстве и абсолютном времени никто ничего сказать не может; это чисто абстрактные вещи, которые на опыте обнаружены быть не могут. Все наши основные принципы механики представляют собою, как это было уже подробно показано, данные опыта об относительных положениях и движениях тел»³.

В другом месте он писал: «Мы совершенно не в состоянии *измерять временем* изменение вещей. Напротив, время есть абстракция, к которой мы приходим через посредство изменения вещей, потому что у нас нет никакой *определенной меры*, ибо все они между собою связаны. Мы называем равномерным такое движение, в котором равные приращения пути соответствуют равным приращениям пути другого движения, выбранного для сравнения (вращение Земли). Движение может быть равномерным относительно другого движения. Вопрос, равномерно ли движение *само по себе*, не имеет никакого смысла. В такой же мере мы не можем говорить об „абсолютном времени“ (независимо от всякого изменения). Это абсолютное время не может быть измерено никаким движением и потому не имеет никакого ни практического, ни научного значения, никто не вправе сказать, что он что-нибудь о таком времени знает, это праздное „метафизическое“ понятие»⁴.

В связи с приведенными высказываниями о сути понятий пространства и времени следует напомнить еще одно место из «Механики» Маха: «Средствам мышления физики, понятиям массы, силы, атома, вся задача которых

³ Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития. Ижевск: Ижевск. республ. типогр., 2000. С. 195.

⁴ Там же. С. 190–191.

заключается только в том, чтобы побудить в нашем представлении экономно упорядоченный опыт, большинством естествоиспытателей приписывается реальность, выходящая за пределы мышления. Более того, полагают, что эти силы и массы представляют то настоящее, что подлежит исследованию, и если бы они стали известны, все остальное получилось бы само собою из равновесия и движения этих масс. <...> Мы не должны считать основами действительного мира те интеллектуальные вспомогательные средства, которыми мы пользуемся для постановки мира на сцене нашего мышления»⁵. Все свидетельствует о том, что к таким же вспомогательным средствам Мах отнес и пространство, и время.

Но, если мы согласимся с позицией Лейбница и Маха, чем можно будет заменить идеи абсолютного пространства-времени? Ответ можно разглядеть в высказываниях Э. Маха: «Время и пространство существуют в определенных отношениях физических объектов, и эти отношения не только вносятся нами, а существуют в связи и во взаимной зависимости явлений»⁶. «Мы можем сказать, что *во временной зависимости выражаются простейшие непосредственные физические отношения*»⁷. «*В пространственных отношениях находит свое выражение посредственная физическая зависимость*»⁸.

Отношения — вот то ключевое понятие, которое и у Лейбница, и у Маха заменяет идею абсолютного пространства и времени. Данное понятие послужило в качестве исходного основания при обозначении реляционного (англ. relation, латин. relativus — относительный) подхода. Заметим, что не следует понимать «отношение» в алгебраическом смысле как результат деления одной величины на другую. Утвердившийся термин, приближающийся по своему значению к общепринятому пониманию отношений между людьми, является как бы числовой характеристикой отрицательных (плохих) или положительных (хороших) отношений.

Отношение в геометрии — это не что иное, как *метрика (расстояние)* между точками. Однако в современном изложении геометрии, как правило, исходят из координатной системы в многообразии той или иной размерности, а затем через разности координат двух точек задаются расстояния (метрика). Но возможен и другой ход рассуждений: начиная с расстояний, — парных отношений между точками, — получать из них затем координаты и все другие понятия. Упоминание о таком подходе к геометрии мы находим у Э. Маха, который писал: «Интересную попытку обосновать евклидову и неевклидову геометрию на одном понятии расстояния мы находим у Ж. Де Тилли (1880 г.)»⁹.

Элементы реляционного подхода к геометрии прослеживаются также в работах Ф. Клейна (1849–1925 гг.). Значительно позднее в этом же духе была написана книга Л. М. Блюменталя «Теория и применение геометрии расстояний»¹⁰.

⁵ Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития. С. 432.

⁶ Мах Э. Познание и заблуждение. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. С. 372.

⁷ Там же. С. 417.

⁸ Там же.

⁹ Там же. С. 380.

¹⁰ Blumental L. M. Theory and application of distance geometry. Oxford, 1953.

В специальной и общей теориях относительности ключевым понятием также является отношение, только теперь рассматриваются отношения между *событиями* и они называются *интервалами* s_{ik} между событиями i и k .

Окончательное воплощение этих идей Маха было осуществлено в теории физических структур (систем отношений) Ю. И. Кулакова, о чем будет идти речь в главах 6 и 7.

2.1.2. Мах о всеобщей связи тел во Вселенной

Эрнст Мах фактически возродил взгляды Лейбница на то, что физический мир представляет собой неразрывное целое: «Мы не должны забывать того, что все вещи неразрывно связаны между собой и что мы сами со всеми нашими мыслями составляем лишь часть природы»¹¹.

Из идеи глобальной связи делался вывод, что свойства его отдельных частей, обычно понимаемые как локальные (присущие отдельно взятым системам), на самом деле обусловлены распределением всей материи мира, или глобальными свойствами Вселенной. Мах писал: «Даже в простейшем случае, в котором мы как будто занимаемся взаимодействием только *двух* масс, отвлечься от остального мира *невозможно*. Дело именно в том, что природа не начинает с элементов, как мы вынуждены начинать. Для нас во всяком случае счастье то, что мы в состоянии временами отвлечь наш взор от огромного целого и сосредоточиться на отдельных частях его. Но мы не должны упускать из виду, что необходимо впоследствии дополнить и исправить дальнейшими исследованиями то, что мы временно оставили без внимания»¹².

Уже в середине XX века Ф. Хойл и Дж. В. Нарликар, ссылаясь на Маха, писали: «Во многих проблемах возможно „отделить“ эффект Вселенной в том смысле, что влияние Вселенной остается эффективно постоянным внутри рассматриваемого пространственно-временного объема, к которому относятся эти проблемы. <...> Если читатель допустит на мгновение, что такая точка зрения верна, то ему станет ясно, что, вероятно, более легки именно те проблемы, в которых Вселенная проявляется в виде постоянного влияния окружающей среды, нежели те, в которых это влияние перемененно. Самыми эффективными преимуществами обладают такие проблемы, где постоянное влияние Вселенной может быть заменено эмпирически найденными значениями, как, например, значения масс. Обычно практика благоразумного физика концентрируется на тех проблемах, где может быть достигнут прогресс, поэтому возникает положение, при котором все решенные проблемы представляют случаи такой развязки от влияния Вселенной»¹³.

Подобная позиция распространялась Махом буквально на все обсуждаемые в его время физические понятия и явления. Эти взгляды в науке сейчас принято именовать принципом Маха. Нам представляется, что *в самом широком смысле под принципом Маха следует понимать идею обусловленности локальных свойств частиц закономерностями и распределением всей материи мира, т. е. глобальными свойствами Вселенной*. Это относится к объяснению природы

¹¹ Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития. С. 190.

¹² Там же. С. 199.

¹³ Hoyle F., Narlikar J. V. Action at a distance in physics and cosmology. San Francisco: W. N. Freeman and Comp., 1974. P. 2.



Эрнст Мах (1838–1916)

52

ки слова: «Не может быть физики элементарных частиц, имеющей дело лишь с частицами». И расписался: «Ученик Н. Бора». Из этой фразы и из содержания беседы следовало, что Уилер имел в виду влияние всего мира на отдельные взаимодействующие частицы.

Наиболее часто принцип Маха понимается как обусловленность *инертных масс* распределением всей материи Вселенной. Так, например, Дж. Нарликар отмечал: «Ньютоновская концепция инерции и ее измерение в единицах массы были для него неудовлетворительными. Если масса — количество материи в теле, то как понимать ее измерение? Для Маха масса и инерция были не внутренними свойствами тела, а следствиями существования во Вселенной, содержащей другую материю. Для того, чтобы измерить массу, необходимо использовать соотношение $\vec{F} = m\vec{a}$, т. е. измерить силу и поделить ее на производимое ею ускорение. Но 2-й закон Ньютона сам зависит от использования абсолютного пространства, которое теперь идентифицируется с фоновым пространством далекой материи. Таким образом, согласно идее Маха, масса как-то определяется далекой материей»¹⁴.

Чрезвычайно важным, ставшим особенно актуальным в наши дни, является следующее высказывание Маха: «Пространственные отношения между материальными частицами могут быть познаны только по силам, с которыми

сил инерции, к попыткам обоснования значений масс частиц и ко многим другим свойствам материи.

В частности, с принципом Маха можно связать *гипотезу П. А. М. Дирака* о связи фундаментальных физических констант и о совместном их изменении. Здесь имеется в виду замеченная Дираком связь между фундаментальными константами, характеризующими, с одной стороны, элементарные частицы, и, с другой стороны, глобальные свойства Вселенной (ее размер, скорость расширения). Ряд таких любопытных соотношений указывался и анализировался в работах А. Эддингтона¹⁴, Г. А. Гамова, К. П. Станюковича, В. Н. Мельникова¹⁵ и других авторов.

Дж. А. Уилер, приехавший в нашу страну в 1971 г., в беседе с физиками-теоретиками МГУ поднял вопрос: почему все электроны мира обладают одинаковыми электрическими зарядами независимо от места и способа наблюдения? И сам же дал на него ответ, написав на стене кафедры теоретической физи-

¹⁴ Eddington A. S. Fundamental theory. N. Y.: Cambridge Press, 1946

¹⁵ Станюкович К. П., Мельников В. Н. Гидродинамика, поля и константы в теории гравитации. М.: Энергоатомиздат, 1983.

¹⁶ Нарликар Дж. Инерция и космология в теории относительности Эйнштейна // Астрофизика, кванты и теория относительности. М.: Мир, 1982. С. 500.

они действуют друг на друга... Физическое пространство, которое я имею в виду (и которое включает в себе вместе с тем и время), есть не что иное как *зависимость явлений друг от друга*. Совершенная физика, которая распознала бы эту основную зависимость, не имела бы больше никакой надобности в особых воззрениях пространства и времени, так как они и без того были бы уже исчерпаны».

Эта мысль Маха фактически предвосхищает ряд современных исследований по построению макроскопической теории классического пространства-времени. В частности, именно на реализацию данной идеи нацелено развитие бинарной геометрофизики, о которой говорится в главе 7 данной книги.

Актуальной и в наши дни является следующая мысль Маха: «Закон причинности выражает *взаимную зависимость между явлениями*. Особое упоминание о пространстве и времени в выражении закона причинности не нужно, ибо все отношения пространства и времени снова сводятся ко взаимной зависимости между явлениями»¹⁷.

2.1.3. Эрнст Мах о концепции дальнегодействия

Обсуждая соотношение концепций дальнегодействия и близкогодействия, в своей книге «Познание и заблуждение» Мах писал: «Мысль Ньютона о силах, действующих на расстоянии, была великим умственным событием, которое позволило в течение одного столетия построить однородную математическую физику. В этой мысли выразилась некоторая духовная дальностьзоркость. Он видел факт ускорений на расстоянии и признал его важное значение; посредники, передающие эти ускорения, казались ему неясными, и он до времени оставлял их без внимания»¹⁸.

Обратимся к исследователю творчества Э. Маха Вл. П. Визгину, который писал: «У Маха, вообще говоря, мы не находим явных намеков на то, что воздействие далеких масс Вселенной на любое массивное тело, масса которого и обусловлена этим воздействием, распространяется с некоторой скоростью, т. е. имеет полевой, близкогодействующий характер. Последующий анализ природы этого воздействия приводит к выводу, что оно должно быть мгновенно действующим»¹⁹.

Заметим, что имеются три понимания смысла термина «дальноедействие»:

- 1) передача воздействия от одного объекта к другому без посредника;
- 2) мгновенный характер передачи воздействия;
- 3) вид убывания воздействия (так гравитационное и электромагнитное взаимодействия, убывающие обратно пропорционально квадрату расстояния, относят к дальнегодействующим, а слабые и сильные — к близкогодействующим).

Здесь везде будем понимать дальноедействие лишь в первом смысле, — как передачу воздействий без посредника. Современный анализ показывает, что речь должна идти о запаздывающем дальногодействии, как его назвал И. Е. Тамм.

¹⁷ Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития. С. 428.

¹⁸ Мах Э. Познание и заблуждение. С. 441.

¹⁹ Визгин Вл. П. Роль идей Э. Маха в генезисе общей теории относительности // Эйнштейновский сборник. 1986–1990. М.: Наука, 1990. С. 59.

Затем Визгин пишет: «Тем не менее независимо от всего комплекса вопросов, связанных с принципом Маха, в работах последнего можно найти весьма высокие оценки программы близкодействия в области электродинамики, сожаление о том, что гравитация сохраняет дальнедействующий характер, и рассмотрение некоторых попыток преодоления гравитационного инстантизма (мгновенности. — Ю. В.). Так в „Механике“ (начиная с 4-го издания) он писал: „Наивно гениальные воззрения Фарадея и математическая формулировка их Максвеллом снова выдвинули на первый план силы, действующие при прикосновении (т. е. близкодействие. — В. В.). Различные затруднения вызвали уже у астрономов сомнения в точности законов Ньютона и делались попытки к небольшим количественным изменениям их. Но после того как было найдено доказательство распространения во времени действия электрического, естественно снова возник вопрос о подобных же соотношениях в случае аналогичных действий тяжести“²⁰». И дальше Мах обсуждает некоторые попытки введения скорости распространения гравитации в ньютоновскую теорию тяготения, в частности идею отрицательных масс, которые должны отталкиваться от обычных масс, в результате чего теория тяготения уподобляется электродинамике (А. Фепиль, 1897), и некоторые другие идеи; ссылаясь при этом также на обзоры П. Друде и В. Вина.

Можно предположить, что в приближении позиции Маха к концепции близкодействия важную роль сыграли работы Герца не только по теории электромагнитного поля, но и «Принципы механики» (1894). Мах, начиная с 3-го издания «Механики», с восхищением писал о механике Герца, которую он связывал с полевой программой и со своим замыслом исключения из механики понятия силы: «Психологически очень легко отдать себе отчет в том, что привело Герца к его системе. После того как удалось представить электрические и магнитные *действующие на расстоянии силы* как последствия движений в некоторой среде, не могло не возродиться желания сделать то же самое и для сил тяготения и, если возможно, для всех сил и сама напрашивалась мысль попытаться, нельзя ли вообще исключить понятие силы»²¹.

Мах пытался исключить из первичных понятий механики массу и силу. Как пишет Визгин, Мах «стремился приблизить исходные определения и принципы к опыту: отказаться от определения массы как количества вещества и заменить его определением в терминах наблюдаемого (измеримого) кинематического понятия ускорения; второй закон Ньютона превратить в определение силы, которое, таким образом, также приобрело бы чисто кинематический смысл и стало бы вторичным понятием»²².

Забегая вперед, отметим, что эта идея Маха затем была реализована в теории физических структур Ю. И. Кулакова, — запись второго закона Ньютона через ускорения двух пар тел под действием двух пар произвольных сил явилась исходным моментом для построения теории физических структур (бинарных систем отношений).

²⁰ Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития. С. 159–160.

²¹ Цит. по: Визгин Вл. П. Роль идей Э. Маха в генезисе общей теории относительности // Эйнштейновский сборник. 1986–1990. М.: Наука, 1990. С. 59–60.

²² Там же.

2.2. Специальная теория относительности и концепция дальнего действия

Создание специальной теории относительности переключило внимание с идей о реляционном характере пространственно-временных отношений и выдвинуло на первый план реляционный подход к описанию физических взаимодействий. Это было связано с тем, что в СТО ключевым понятием является интервал между событиями, тогда как понятия расстояния и промежутков времени оказались вторичными, зависящими от используемой системы отсчета. Понятие реляционности незаметно фактически было заменено на релятивизм, связанный с переходами между системами отсчета.

Концепция близкого действия опирается, по-существу, на *нерелятивистское понятие контакта*, означающее, что взаимодействие осуществляется, когда расстояние между частицами i и j бесконечно мало, т. е. стремится к нулю ($r_{ij} = 0$). Частица взаимодействует с полем, находящимся в этой же точке, затем поле последовательно передает по цепочке воздействие от одной точки пространства к другой, бесконечно близкой, пока не достигнет положения второй частицы.

В релятивистской теории, как известно, время и пространство объединяются в одно 4-мерное многообразие. Релятивистски инвариантное понятие расстояния r_{ij} следует заменить на релятивистски инвариантное понятие интервала

$$s_{ij} = \sqrt{c^2 t_{ij}^2 - r_{ij}^2}.$$

Тогда *релятивистское понятие контакта* должно означать $s_{ij} = 0$, что соответствует взаимодействию (контакту) частиц на изотропных конусах с вершинами в местах расположения частиц. При этом отдельно расстояния r_{ij} между взаимодействующими частицами и промежутки времени t_{ij} между событиями могут быть как угодно большими. В релятивистском контакте могут находиться частицы, расположенные на Земле и в созвездии Андромеды.

Исходя из этого, можно считать теорию запаздывающего дальнего действия более соответствующей релятивистской идеологии (теории относительности), нежели общепринятую теорию поля.

Создатели специальной теории относительности сразу же обратили внимание на преимущества реляционного подхода к физическим взаимодействиям.

Так, А. Пуанкаре в своей работе «Последние мысли» писал: «Нам представляется, что мы лучше понимаем передачу действия путем соприкосновения, нежели действие на расстоянии. Это последнее содержит в себе нечто таинственное, естественно наводящее на мысль



Анри Пуанкаре (1854–1912)

о некотором вмешательстве в наш мир извне и именно поэтому я говорю сейчас, что механицизм пронизан материализмом. Призвание ученых состоит в том, чтобы устранять все таинственное и тем самым всегда продвигаться хотя бы немного вперед. <...> И когда где-нибудь обнаруживают действие на расстоянии, стремятся представить себе и промежуточную среду, которая обладает свойством передавать это действие от точки к ближайшей точке. Однако на этом пути продвинулись не слишком далеко, ибо если эта среда непрерывна, то это не дает никакого удовлетворения нашей привязанности к простоте, т. е. нашей потребности все понимать. Если же она состоит из атомов, то атомы не могут находиться в постоянном соприкосновении, хотя они и расположены на очень малых расстояниях друг от друга, равных, по всей видимости, одной миллиардной миллиметра. Но это все-таки конечное расстояние, и его значение такого же характера, как и километра, — для философа это в принципе одно и то же. Ведь необходимо, чтобы действие передавалось от одного атома к другому — только так оно становится действием на расстоянии»²³.

2.3. Реляционные истоки теории А. Эйнштейна

Роль идей Э. Маха в создании общей теории относительности чрезвычайно велика. Это многократно отмечал сам Эйнштейн, об этом писал ряд авторов, подробно исследовавших данный вопрос. Достаточно обратиться к обстоятельной статье Вл. П. Визгина «Роль идей Э. Маха в генезисе общей теории относительности»²⁴.

2.3.1. Роль идей Маха в создании общей теории относительности

Как пишет Визгин, Эйнштейн, начиная с 1909 г., в своих работах постоянно ссылаясь на идеи и высказывания Маха. Особенно часто это делалось с 1912 по 1916 г., т. е. в период непосредственного создания им общей теории относительности. Однако влияние Маха на Эйнштейна сказывалось и раньше. «Дело в том, что это влияние могло быть скрытым, не вполне осознанным. Эйнштейн всегда говорил о том огромном впечатлении, которое произвело на него изучение „Механики“ Маха еще в студенческое время. В письме к Зелигу от 8.IV.1952 г. он писал о „глубоком и неизгладимом впечатлении“, которое было вызвано „физической направленностью на фундаментальные понятия и фундаментальные законы“». Там же приводятся и другие высказывания Эйнштейна об этом. В частности: «Но, как уже говорилось, я не в состоянии проанализировать то, что глубоко укоренилось в подсознательном мышлении»²⁵.

Создавая общую теорию относительности, Эйнштейн был уверен, что реализует идеи Маха. Это проявилось, например, в его письме к Маху от 25 июня 1913 г.: «В будущем году во время солнечного затмения будет проверено, изгибаются ли световые лучи Солнцем или, другими словами, верно ли основное

²³ Пуанкаре А. О науке. М.: Наука, 1983. С. 490.

²⁴ Эйнштейновский сборник. 1986–1990. М.: Наука, 1990. С. 49–97.

²⁵ Там же. С. 67.

фундаментальное предположение об эквивалентности ускоренной системы и гравитационного поля. Если это так, то Ваши вдохновляющие исследования об основах механики — вопреки несправедливой критике Планка — получают блестящее подтверждение. Тогда неизбежным будет то, что инерция проявляется как своего рода взаимодействие тел, вполне в духе Вашей критики ньютоновского эксперимента с вращающимся соосудом»²⁶.

Проанализировав релятивистскую программу Эйнштейна (в его понимании), Визгин пишет: «Теперь рассмотрим маховский вариант релятивистской программы и покажем значительную общность этих (эйнштейновской и маховской) программ. Был ли у Маха хотя бы некоторый прообраз такой программы? Уже предыдущее рассмотрение



Альберт Эйнштейн (1879–1955)

показывает, что был. Мах видел логико-теоретические недостатки классической механики и уже в 60-х годах XIX в. предлагал определенный подход к ее перестройке, который содержал в себе значительный заряд релятивизма и кинематизма. В этом смысле мы вполне можем говорить о маховском прообразе релятивистской программы». Г. Рейхенбах в 1921 г. писал: «Теория Эйнштейна означала выполнение программы Маха. Конечно, релятивистская программа Маха была достаточно туманна, ей недоставало учета достижений электродинамики и электронной теории, полевая концепция не играла в ней роли, но крайне важные для релятивистской программы Эйнштейна релятивизм, кинематизм, установка на операционально-измерительное обоснование фундаментальных понятий (принцип наблюдаемости), мысленное экспериментирование, „Феноменологический уклон“ — все это было в духе маховской программы»²⁷.

Реляционные идеи Маха были возведены в ранг принципа А. Эйнштейном в 1919 г. в статье «Принципиальное содержание общей теории относительности», где, в частности, отмечалось следующее: «Теория, как мне кажется сегодня, покоится на трех основных положениях, которые ни в какой степени не зависят друг от друга. <...>

- А. **Принцип относительности:** законы природы являются лишь высказываниями о пространственно-временных совпадениях; поэтому они находят свое естественное выражение в общековариантных уравнениях.
- Б. **Принцип эквивалентности:** инерция и тяжесть тождественны; отсюда и из результатов специальной теории относительности неизбежно следует, что

²⁶ Цит. по: Хенль Г. К истории принципа Маха // Эйнштейновский сборник 1968. М.: Наука, 1968. С. 262.

²⁷ Там же. С. 76.

симметричный „фундаментальный тензор“ ($g_{\mu\nu}$) определяет метрические свойства пространства, движение тел по инерции в нем, а также действие гравитации. Описываемое фундаментальным тензором состояние пространства мы будем обозначать как „G-поле“.

- В. **Принцип Маха:** G-поле *полностью* определено массами тел. Масса и энергия, согласно следствиям специальной теории относительности, представляют собой одно и то же; формально энергия описывается симметричным тензором энергии: это означает, что G-поле обуславливается и определяется тензором энергии материи»²⁸.

В примечании Эйнштейн разъясняет: «Название „принцип Маха“ выбрано потому, что этот принцип является обобщением требования Маха, что инерция должна сводиться к взаимодействию тел».

На формулировку всех этих принципов оказали существенное влияние идеи Маха. По поводу первого из этих принципов Вл. П. Визгин пишет: «Рассуждения Маха, связанные с идеей общей относительности и анализом ньютоновского опыта с ведром, в какой-то мере, как и принцип эквивалентности, служили аргументом в пользу расширения специального принципа относительности»²⁹. Здесь же автор приводит «два серьезных довода в пользу весьма вероятного влияния идей Маха на разработку Эйнштейном принципа эквивалентности: 1) маховский замысел кинематизации классической механики имеет глубокое внутреннее родство с эйнштейновским замыслом кинематизации (а при четырехмерном подходе — геометризации) физического взаимодействия, прежде всего гравитации (физической же основой эйнштейновского замысла является принцип эквивалентности); 2) при создании принципа эквивалентности Эйнштейн руководствовался релятивистской программой, имевшей много общего с релятивистской программой Маха»³⁰.

Все это, видимо, и послужило основанием для следующего высказывания Эйнштейна: «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»³¹.

Впоследствии сам Эйнштейн отказался от мнения, что принцип Маха лежит в основаниях окончательного варианта общей теории относительности. Ряд других авторов (В. А. Фок, Г. Бонди и др.) настаивали на том, что в основаниях ОТО не лежат и первые два принципа. Все они были правы лишь частично. Если строго рассуждать в рамках геометрической парадигмы, то это так, но дело в том, что Эйнштейн строил свою теорию в иной, реляционной, парадигме. Кроме того, еще в 1919 г. он оставался под ее влиянием, что и отразилось в сформулированных трех принципах. Именно так и только так следует трактовать содержание ОТО в рамках маховской, т. е. реляционной парадигмы. Принцип Маха как самостоятельный принцип отсутствует в рамках ОТО,

²⁸ Эйнштейн А. Собр. научн. трудов. Т. I. М.: Наука, 1965. С. 613.

²⁹ Там же. С. 66.

³⁰ Там же. С. 67.

³¹ Эйнштейн А. Эрнст Мах. // Собр. научн. трудов. Т. 3. М.: Наука, 1967. С. 29.

где он заменен ролью метрического тензора, определяемого из уравнений Эйнштейна с правой частью, включающей в себя всю материю Вселенной.

2.3.2. Отказ Эйнштейна от реляционных идей Маха

Историки физики утверждают, что использование Эйнштейном неевклидовых геометрий для построения ОТО также было инициировано идеями Маха. Так, в 1903 г., в преддверии создания теории относительности, Мах в своей статье «Пространство и геометрия с точки зрения естествознания» дал глубокий анализ математических и физических аспектов развития представлений о геометрии, обстоятельно охарактеризовав достижения Лобачевского, Я. Бояи, Римана, Гаусса и других. При этом он исходил из того, что «геометрия есть применение математики к опыту относительно пространства». Здесь он написал пророческие слова, которые потом повторил в своей книге «Познание и заблуждение»: «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»³².

Но вернемся к статье Вл. П. Визгина «Роль идей Э. Маха в генезисе общей теории относительности»: «Весной 1911 г. Эйнштейн переехал в Прагу и там в Немецком университете стал профессором теоретической физики. Мах почти в течение 30 лет был профессором, а затем ректором этого университета (до 1895 г.). Его влияние там было весьма велико, его ученики физик А. Лампа и математик Г. Пик определяли преподавание физики и математики в университете. Они и организовали приглашение Эйнштейна. <...> Никакого продвижения в области теории тяготения вплоть до переезда в Прагу у Эйнштейна не было, т. е. с 1907 г. до середины 1911 г.»³³.

Разбирая путь, по которому шел Эйнштейн к использованию римановой геометрии, Визгин пишет: «Все шло к тому, чтобы Эйнштейн в конце своего пражского периода обратился к четырехмерной римановой геометрии как той геометрической структуре, которая естественно возникает при рассмотрении ускоренных систем отсчета и соответственно произвольных гравитационных полей. В Праге он был весьма дружен с математиком Г. Пиком, учеником Маха и приверженцем его идей, а также автором ряда работ по дифференциальной геометрии в неевклидовых пространствах. По мнению Ф. Франка, именно Пик подсказал Эйнштейну идею использования римановой геометрии в теории тяготения, причем Франк писал также, что Пик в частых беседах с Эйнштейном

³² Мах Э. Познание и заблуждение. С. 419.

³³ Визгин Вл. П. // Эйнштейновский сборник. 1986–1990. М.: Наука, 1990. С. 79.

не раз ссылаясь на такие высказывания Маха, которые можно было истолковать как предвосхищение теории относительности. В Письме к Маху от 2 августа 1912 г. Пик писал: „То, что физики, которые разрабатывали новую теорию, испытывали значительное влияние Ваших идей, я узнал (хотя это было для меня очевидно) от одного из них, а именно от Эйнштейна, который мне сам сказал об этом“. Прямым свидетельством того, что идеи Маха в этот период находились в фокусе исканий Эйнштейна, является его статья „Существует ли гравитационное воздействие, аналогичное электромагнитной индукции“, написанная в апреле–мае 1912 г. Кстати, говоря, это была первая статья Эйнштейна, в которой он непосредственно ссылаясь на Маха»³⁴. В сентябре 1912 г. Эйнштейн переезжает в Цюрих, где с помощью своего друга со студенческих лет М. Гросмана осваивает азы дифференциальной геометрии Римана и пишет совместную статью, которая положила начало общей теории относительности.

Следует также не забывать о том, что Эйнштейн в бернский период своей жизни читал книгу В. Клиффорда «Здравый смысл точных наук», в которой была сформулирована программа всеобщей геометризации физики. Хотя Эйнштейн нигде не ссылаясь на Клиффорда, но его идеи, вполне вероятно, были ему близки. Примечательно, что Визгин в своей статье, отмечает, «что в 1911 г. в предисловии к 4-му изданию „Механики“ Мах писал, что в В. К. Клиффорде он нашел „мыслителя родственных целей и взглядов“. Но вспомним, что именно Клиффорд был главным предтечей концепции геометризации физических взаимодействий»³⁵.

60

Таким образом, Мах, будучи на позициях реляционного миропонимания, смог распознать и оценить ростки другой нарождающейся, геометрической парадигмы и не стал ее отвергать, оставаясь в рамках своей парадигмы. Любопытно отметить, что и Эйнштейн со временем фактически оказался на распутье: какую из двух парадигм, — реляционную или геометрическую, — предпочесть.

Вскоре после создания общей теории относительности стало ясно, что в ней принцип Маха выполняется в значительно более узком смысле. Его выполнимость можно усмотреть в том, что метрика становится функцией координат и зависит от распределения окружающей материи. В 1920 г. в своей статье «Эфир и теория относительности» Эйнштейн писал: «Мах пытался избежать необходимости принимать за реальное существующее нечто недоступное наблюдению, когда в механике вместо ускорения относительно абсолютного пространства вводилось среднее ускорение относительно всей совокупности масс в мире. Но инерция в случае ускорения относительно далеких масс предполагает прямое действие на расстоянии. Так как *современный физик уверен в возможности обойтись без него* (курсив мой. — Ю. В.), то он при подобном способе рассмотрения вновь приходит к эфиру, который должен явиться средой, передающей инерцию. Но такое представление об эфире, приводящее к маховскому способу рассмотрения, существенно отличается от представлений об эфире Ньютона, Френеля и Г. А. Лоренца. Эфир Маха не только обуславливает поведение инертных масс; состояние самого эфира зависит от инертных масс.

³⁴ Визгин Вл. П. // Эйнштейновский сборник. 1986–1990. М.: Наука, 1990. С. 83.

³⁵ Там же. С. 72.

Мысль Маха находит свое полное развитие в эфире общей теории относительности. Согласно этой теории, метрические свойства пространственно-временного континуума в окрестности отдельных пространственно-временных точек различны и зависят от распределения материи вне рассматриваемой области. <...> Эфир общей теории относительности есть среда, сама по себе лишенная всех механических и кинематических свойств, но в то же время определяющая механические (и электромагнитные) процессы. <...> Не может быть пространства, а также и части пространства без потенциалов тяготения; последние сообщают ему метрические свойства — без них оно вообще немислимо. Существование гравитационного поля непосредственно связано с существованием пространства»³⁶.

Все это так, но следует иметь в виду, что уравнения Эйнштейна допускают и вакуумные решения в отсутствие материи.

Эйнштейн ожидал большего. То ли из-за осознания этого факта, то ли под влиянием фальсифицированного, якобы отрицательного отношения Маха к общей теории относительности, но спустя некоторое время он 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 нетрудно видеть, что такая попытка не вяжется с духом теории поля»³⁷. Скорее всего, именно в этом состояло главное: эйнштейновская общая теория относительности оказалась построенной в духе традиционной теории поля (концепции близкого действия), тогда как Э. Мах мыслил в духе концепции дальнего действия.

Вопреки столь категоричной позиции Эйнштейна в дальнейшем было показано, что теория гравитации так же, как и теория электромагнетизма, может быть сформулирована в рамках теории прямого межчастичного взаимодействия. Совершенно необязательно теория должна «вязаться с духом теории поля».

2.4. Основание теории прямого взаимодействия

Следует отметить, что реляционный подход к физике развивал известный всем гравитационистам физик-релятивист К. Шварцшильд (1873–1916 гг.), автор физически наиболее важного точного сферически-симметричного решения уравнений Эйнштейна. Изменение позиций Эйнштейна относительно идей Маха не сказалось на исследованиях других авторов в области концепции дальнего действия. Это направление продолжало развиваться Г. Тетроде, А. Д. Фоккером и другими. В 20–30-х годах в работах Фоккера (1887–1972 гг.)

³⁶ Эйнштейн А. Эфир и теория относительности // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. 1. М.: Наука, 1965. С. 687–688.

³⁷ Эйнштейн А. Автобиографические заметки // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 268.

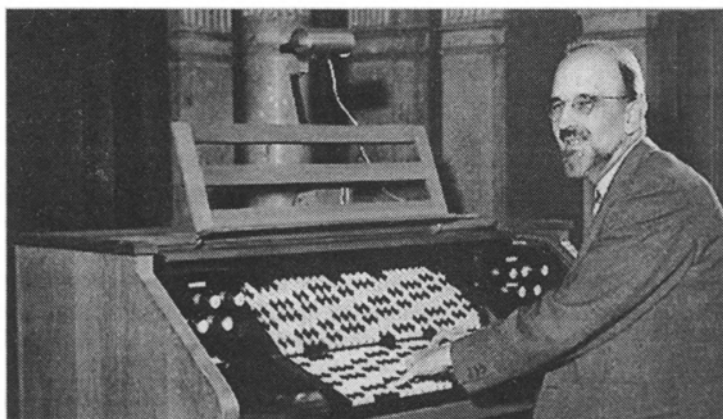
идеи концепции дальнего действия получили четкую математическую формулировку в виде теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия. Тогда же было показано, что теория электромагнетизма, построенная на ее основе, согласуется с теорией Максвелла для статических и стационарных электромагнитных явлений.

Теория прямого межчастичного *электромагнитного взаимодействия* Фоккера явилась упрощенным вариантом реляционной теории, ограничивающимся лишь парными взаимодействиями заряженных частиц. Ключевым понятием этой теории является классическое действие S в специфической записи только через характеристики частиц без привлечения понятия поля. Уравнения движения частиц находятся посредством вариационного принципа $\delta S = 0$, который в реляционной записи принято называть *принципом Фоккера*.

В подинтегральном выражении фоккеровского принципа действия, описывающего взаимодействие двух частиц, содержатся два слагаемых: скалярное произведение электрических токов этих частиц и так называемая дираковская дельта-функция от квадрата интервала между положениями частиц. Интегрирование производится вдоль мировых линий частиц. Фоккеровское действие для взаимодействия естественно считать парным отношением между рассматриваемыми частицами.

Поскольку оно состоит из двух множителей, то его следует трактовать как композицию двух парных отношений: токового, определяемого скалярным произведением токов двух частиц, и пространственно-временного отношения, которое представляет дираковская дельта-функция от квадрата интервала между моментами взаимодействия двух частиц. Этот факт означает, что *теория прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия фоккеровского типа принадлежит к дуалистической реляционной парадигме, опирающейся на две обобщенные категории: токовых и пространственно-временных отношений*.

Особое внимание заслуживает вклад от пространственно-временных отношений. Согласно математическим свойствам дираковской дельта-функции от квадрата интервала, она представляется в виде полусуммы двух дельта-



А. Д. Фоккер (1887–1972)

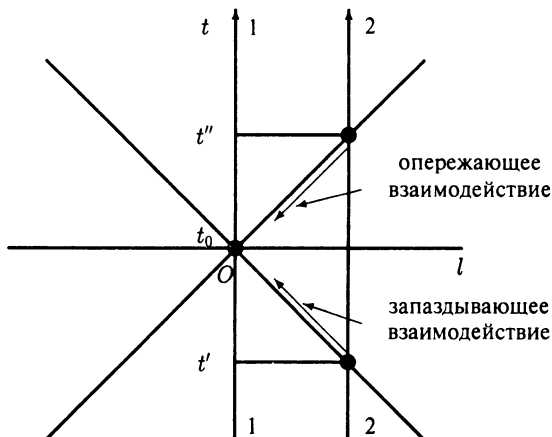


Рис. 3. Опережающее и запаздывающее взаимодействия двух частиц

функций от самих интервалов. Напоминаем, что дираковская дельта-функция отлична от нуля лишь тогда, когда ее аргумент обращается в нуль, т. е. когда моменты взаимодействия разделены световым (изотропным) интервалом.

Этот факт пояснен на рис. 3. Пусть рассматривается взаимодействие двух частиц, обозначенных номерами 1 и 2. При фиксированном положении частицы с номером 1 в некоторый момент времени t_0 (на ее мировой линии) взаимодействие между частицами происходит при двух положениях второй частицы: в предшествующий момент t' и в будущий момент t'' , соответствующих двум пересечениям конусов прошлого и будущего (с вершиной на мировой линии первой частицы в момент t_0) с мировой линией второй частицы.

С точки зрения первой частицы, взаимодействие, определяемое положением второй частицы в момент t' , называется *запаздывающим*, а положением в момент t'' — *опережающим*. Таким образом, согласно принципу Фоккера, запаздывающее и опережающее взаимодействия присутствуют симметричным образом. В 20–30-х годах это представляло основную трудность теории прямого междоуличного взаимодействия. Можно было говорить о совпадении этой теории с общепринятой электродинамикой лишь для статических и стационарных электромагнитных явлений.

Отметим, что полное действие для системы взаимодействующих электрических зарядов в классической теории прямого междоуличного электромагнитного взаимодействия фоккеровского типа записывается в виде суммы «свободных» действий всех частиц и всевозможных парных взаимодействий, охарактеризованных выше.

От теории прямого междоуличного взаимодействия фоккеровского типа формально можно перейти к выражениям общепринятой полевой электродинамики Максвелла. Для этого нужно ввести электромагнитный векторный потенциал как некое вторичное (вспомогательное) понятие, соответствующее потенциалу электромагнитного поля, но определенное лишь в тех точках, где присутствуют электрические заряды. Для этого из полного фоккеровского

действия для системы из всех заряженных частиц мира, следует выделить одну частицу, например, с номером $i = 1$ и записать для нее действие в привычной форме. Это означает, что в фоккеровском действии выделяется электрический ток данной частицы, а все остальные слагаемые из токов вторых частиц и дираковских дельта-функций объявляются электромагнитным векторным потенциалом. Тогда фоккеровское выражение для действия взаимодействия выделенной частицы со всеми другими записывается в виде скалярного произведения данной частицы с векторным потенциалом, создаваемым всеми остальными заряженными частицами.

Таким образом, приходим к выводу, что в теории прямого электромагнитного взаимодействия Фоккера

- 1) *нет потенциалов поля в точках пространства-времени, где отсутствуют частицы, а, следовательно, и нет полевых уравнений Максвелла;*
- 2) *потенциалы электромагнитного взаимодействия можно ввести в местах расположения заряженных частиц и для них выполняются тождества, соответствующие уравнениям Максвелла.*

Для полного перехода к полевой теории необходимо еще допустить существование векторных потенциалов во всех точках непрерывного пространства-времени. Тогда в математическом плане две теории — поля и прямого межчастичного взаимодействия по своим выводам окажутся эквивалентными. Они отличаются исходными положениями. В теории поля исходят из дифференциальных уравнений, из которых можно найти функцию Грина, каковой является дираковская дельта-функция, и записать решение в интегральном виде. В теории прямого межчастичного взаимодействия исходным является задание функции Грина, т. е. дираковской дельта-функции. Зная ее, можно восстановить соответствующее ей дифференциальное уравнение. Однако для физики допущение о распространении значений потенциалов на все точки пространства-времени имеет существенное значение.

В теории Фоккера существенно меняется структура теории. Так, в общепринятой полевой теории задаются три физические категории: фоновое пространство-время, помещенные в него заряженные частицы и электромагнитное поле, которое является посредником между взаимодействующими частицами. В теории поля осуществляется концепция близкогодействия: поле создается одним зарядом-источником в месте своего нахождения, и затем оно непрерывным образом распространяется в пространстве-времени от одной точки к другой, бесконечно близкой, пока не достигнет другой заряженной частицы-приемника. В теории же прямого межчастичного взаимодействия поле-посредник исключается из схемы рассуждений, а частицы непосредственно взаимодействуют друг с другом на расстоянии. Вместо категории поля фактически выступает токовое отношение между заряженными частицами.

Уже в 20–30-х годах были выявлены и основные трудности, препятствовавшие развитию этой теории. Главная из них состояла в равноправности запаздывающих и опережающих взаимодействий. Это препятствие было устранено в середине 40-х годов, однако затем вскрылись другие трудности, связанные с совмещением теории прямого взаимодействия с закономерностями квантовой теории поля.

2.5. Метафизическая альтернатива

Как следует из изложенного, при создании общей теории относительности Эйнштейну пришлось решать задачу метафизического характера: в рамках какой метафизической парадигмы описывать гравитационное взаимодействие?

2.5.1. Может ли физика быть независимой от метафизики?

Рассматривая проблемы, выходящие за пределы традиционных разделов естествознания, и поднимая вопросы, лежащие «за» или «над» физикой, т. е. относящиеся к сфере метафизики, Э. Мах, в отличие от Лейбница, неодобрительно отзывался о ней, солидаризуясь с позицией П. Дюгема. Последний же, справедливо считал, что, с одной стороны, «теоретическая физика не есть наука автономная, а она подчинена метафизике», поскольку пользуется методами, не основанными на непосредственных наблюдениях. Продолжая эту мысль, он утверждал: «Если изложенное мнение верно, то ценность физической теории зависит от метафизической системы, которую человек признает». Однако, с другой стороны, Дюгем полагал: «Но ставить физические теории в зависимость от метафизики вряд ли представляется пригодным средством для того, чтобы обеспечить за ними всеобщее признание. <...> Обозревая области, в которых проявляется и работает дух человеческий, вы ни в одной из них не найдете той ожесточенной борьбы между системами различных эпох или системами одной и той же эпохи, но различных школ, того стремления возможно глубже и резче ограничиться друг от друга, противопоставить себя другим, какая существует в области метафизики. Если бы физика должна была быть подчинена метафизике, то и споры, существующие между различными метафизическими системами, должны были бы быть перенесены и в область физики. Физическая теория, удостоившаяся одобрения всех последователей одной метафизической школы, была бы отвергнута последователями другой школы»³⁸.

Вся многовековая история натурфилософии, казалось бы, подтверждает эти слова Дюгема. Так было в античности при противопоставлении учений Платона, Демокрита, Аристотеля, то же наблюдалось с теориями на заре Нового Времени, которые возводились на основе метафизических систем Декарта, Ньютона, Лейбница или Гюйгенса. Вспомним слова, приписываемые Ньютоном: «Физика, бойся метафизики!». Но, тем не менее, Ньютона, Лейбница, Гюйгенса и других считают не только физиками, но и виднейшими метафизиками. XX век также не составил исключение, и к метафизикам следует причислить Э. Маха, А. Эйнштейна, Н. Бора, В. Гейзенберга и других классиков теоретической физики, несмотря на возражения некоторых из них. История противостояния сторонников реляционной и субстанциальной концепций пространства-времени или концепций близкодействия и дальнодействия в физике также является ярким примером неизбежности столкновений сторонников разных метафизических парадигм.

2.5.2. Что означает построение реляционной картины мира

Как уже отмечалось, Эйнштейн отказался от реляционной парадигмы и встал на сторону геометрической парадигмы, в рамках которой ему и его последователям пришлось решать проблемы построения геометрической картины мира.

³⁸ Дюгем П. Физическая теория. Ее цель и строение. 3-е изд. М.: КомКнига/URSS, 2011. С. 13.

Во второй книге серии «Между физикой и метафизикой» были перечислены 7 составляющих задач, решения которых позволили бы сказать о завершенной геометрической картине мироздания. Напомним эти задачи:

- 1) построение общей теории относительности (ОТО);
- 2) разработка космологии на базе ОТО;
- 3) геометризация электромагнитного взаимодействия;
- 4) геометризация электрослабых и сильных взаимодействий;
- 5) поиск проявлений обобщенных геометрий;
- 6) совмещение принципов общей теории относительности с квантовой теорией;
- 7) геометризация частиц (источников искривления пространства-времени).

В предыдущих двух книгах речь шла о предпринятых попытках решить эти задачи. Можно утверждать, что в рамках геометрической парадигмы первые четыре задачи в той или иной мере получили свое решение. Пятая задача имеет поисковый характер и не является критичной при рассмотрении глобальной проблемы. Геометрический подход к мирозданию споткнулся на двух последних задачах. За прошедший период так и не удалось удовлетворительным образом решить проблему квантования гравитации, а также не удалось осуществить заветную мечту Эйнштейна: геометризовать источники гравитации (частицы), входящие в правую часть уравнений Эйнштейна.

Реляционная парадигма представляет собой иной взгляд на одну и ту же физическую реальность, поэтому при создании реляционной картины мира пришлось искать ответы на схожие вопросы, однако они имели уже принципиально иной характер.

Наметим главные задачи, решение которых, на наш взгляд, привело бы к построению реляционной картины мироздания.

1. Создание конструктивно развитой *теории пространственно-временных отношений*, которая, как представляется, имеет ключевой характер для разработки реляционной картины мира. Как Лейбниц, так и Мах говорили о введении вместо готового пространства-времени мировой матрицы отношений между телами, однако этого было мало. Необходимо было указать ее конкретные свойства и извлечь из них физические следствия. Долгое время эта составляющая реляционной теории отсутствовала³⁹.
2. Построение реляционной теории на основе *принципа Маха*, т. е. теории, воплощающей идею всеобщей связи всех тел и событий. На качественном уровне о такой теории говорили Лейбниц и Мах, но они еще не могли предложить конкретного математического способа описания всеобщей связи. В какой-то степени эта теория должна была стать реляционным аналогом космологии в геометрической парадигме⁴⁰.
3. Описание в терминах отношений *электромагнитного взаимодействия*, как наиболее изученного в рамках другой, теоретико-полевой, парадигмы.

³⁹ Это было сделано в теории физических структур (систем отношений) Кулакова лишь в последней трети XX века.

⁴⁰ Эту задачу удалось решить в некотором предварительном виде Р. Фейнману и Дж. Уилеру лишь в 40-х годах. Затем над этой задачей работали Ф. Хойл и Дж. Нарликар.

Эта проблема в некотором приближении исследовалась в 20-х годах Фоккером (при симметрии опережающих и запаздывающих взаимодействий), который пытался ее решить без связи с другими составляющими реляционного подхода. Затем в 40-х годах изъяны классической теории были устранены Фейнманом и Уилером с помощью фактического учета принципа Маха.

4. Описание в терминах отношений *гравитационного взаимодействия*. Принцип Маха лишь намекал на способ решения этой задачи, однако на практике явился лишь повивальной бабкой при рождении общей теории относительности, которая началась именно с геометризации гравитационного взаимодействия. В реляционном подходе решение этой задачи оказалось завуалированным рядом обстоятельств. Сначала мешали представления ньютоновой теории о мгновенном характере гравитационного взаимодействия, затем эта задача была заслоненной уже созданной общей теорией относительности. К этой проблеме в рамках реляционного подхода удалось вернуться лишь во второй половине XX века.
5. Реляционное описание электрослабых и сильных взаимодействий. Разумеется, данная задача в 20-х годах даже не ставилась. Она возникла значительно позже и получила свое решение в рамках калибровочного подхода в теоретико-полевой парадигме.

Заметим, что последние три задачи рассматривались в теоретико-полевой, а затем и в геометрической парадигмах, однако это делалось в ином порядке: сначала было геометризовано гравитационное взаимодействие, а вслед за этим встал вопрос о геометризации электромагнетизма и других взаимодействий.

6. Описание физики микромира в реляционном виде. Здесь, прежде всего, следует решить проблему построения квантовой механики в реляционном виде, которой занимался Фейнман в 50-х годах. К сожалению, фейнмановский метод континуального интегрирования не учитывал другие составляющие реляционного подхода, что привело к очередной пробуксовке в данном направлении исследований. Необходимо было открытие новой геометрии — бинарной, наиболее подходящей для описания закономерностей микромира.
7. Построение макроскопической теории классического пространства-времени, т. е. его вывода из наложения большого числа неких факторов, присущих физике микромира.

Все эти проблемы, нацеленные на построение глобальной реляционной картины мира, получили должное звучание лишь благодаря достижениям фундаментальной теоретической физики всего минувшего столетия. А в первой половине XX века все это выглядело довольно туманно.

Дискуссии о концепции дальногодействия в СССР (20–40-е годы)

Позвольте прежде всего доказать вам, что физическим абсурдом является именно представление о близкодействии, а физической реальностью, физически обоснованным является представление о дальном действии. Как нам ни трудно представить себе это дальное действие, да еще запаздывающее, все же нам необходимо сделать соответствующее усилие для того, чтобы освободиться от тех привычек, которые сложились у нас в эпоху, когда наши познания были недостаточны¹.

Я. И. Френкель

В XX веке основное внимание в фундаментальной теоретической физике было приковано к описанию физических взаимодействий, сначала к электромагнитным и гравитационным, а затем к слабым (электрослабым) и сильным взаимодействиям. В результате из дуалистической реляционной парадигмы была вычленена лишь вторая ее составляющая (концепция дального действия), которую принято было называть теорией прямого межчастичного взаимодействия (action-at-a-distance).

Что касается первой составляющей реляционной парадигмы, — реляционной концепции пространства и времени, — то она оказалась в тени и мало кто вспоминал о ней. Это было связано главным образом с потрясающими воображение успехами в создании сначала специальной, а затем общей теории относительности, которые не так просто было осмыслить. Требовались немалые усилия, чтобы осознать новые принципы релятивизма и освоить следующие из них выводы. Здесь уже было не до реляционного подхода к природе пространства и времени, на развитие которого необходимы были не меньшие дополнительные усилия.

Из-за этой однобокости исследования на основе концепции дального действия приобрели эклектический характер: разрабатывалась теория прямого межчастичного взаимодействия на фоне априорно заданного классического пространства-времени, т. е. взаимодействие имело реляционный характер, а пространственно-временной фон фактически выступал в субстанциальном виде. В значительной мере это было связано с необходимостью учета принципов бурно развивавшейся квантовой теории, что стало главной причиной многих пробуксовок и трудностей для физиков, отстаивавших концепцию дального действия.

¹ Природа электрического тока. Беседы-диспуты в Ленинградском политехническом институте. М.: Л.: Изд-во Всесоюз. электротехнич. общества, 1930. С. 73.

3.1. Беседы-диспуты в Ленинградском политехническом институте

Случилось так, что на рубеже 20–30-х годов в Ленинградском политехническом институте электродинамику читали два профессора: академик АН СССР В. Ф. Миткевич² — в рамках концепции близкодействия и Я. И. Френкель — на основе концепции дальнего действия. Студенты оказались в затруднительном положении: какую из этих концепций предпочесть? Руководство института решило прояснить этот вопрос. Для этой цели в стенах института была организована серия бесед-диспутов с приглашением ведущих физиков страны и зарубежных ученых.

Пауль Эренфест, присутствовавший на этих бурных дискуссиях о природе мироздания заметил: «Никогда в Европе, никогда в Америке не могло бы случиться, чтобы 4 тысячи человеко-часов так усердно потратили бы на такой сложный вопрос, как это случилось здесь, и уже это очень притягивает меня к вам».

В предисловии к опубликованным стенограммам этих диспутов говорилось: «В теоретической физике, занимающейся обобщением результатов экспериментальных физических исследований, обнаружили два основных течения. Одна группа физиков рассматривает все физические процессы, как происходящие в некоторой среде, которая и передает воздействия одного физического тела на другое. Вторая группа ученых сводит физические процессы к взаимодействию физических тел на расстоянии, большим или малом, осуществляемому без участия какой-либо промежуточной среды. Большинство современных физиков разделяет последнюю точку зрения. Особенно широкому распространению в настоящее время идеи действия на расстоянии благоприятствует накопление огромного по своему объему опытного материала, требующего объединения хотя бы и чисто формального»³.

69

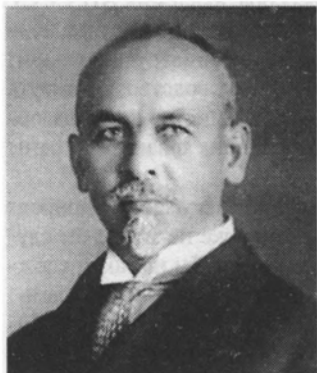
3.1.1. Первая беседа-диспут (13 декабря 1929 г.)

Открывая первую беседу-диспут, декан физико-механического факультета академик А. Ф. Иоффе сказал: «Когда 50 лет тому назад создалась теория Максвелла, то казалось, что вопросы электромагнитных явлений раз и навсегда разрешены. Имеется уравнение, и дальнейшая задача — разрешать только вытекающие отдельные и частные случаи, самая же основа — существование поля — математическим языком раз и навсегда выражена. Затем эта теория, в отличие от предшествующего способа описания электромагнитных явлений, перенесла центр тяжести на рассмотрение того, что совершается вокруг заряженного тела, вокруг тех тел, которые имеют или в которых движется заряд. <...> Теория Максвелла перенесла интерес от этих тел к окружающей их среде, в то электромагнитное поле, которое там создавалось. Нигде не отказываясь от теории Максвелла и достигнутых ею больших обобщений и положительных результатов, появилась в ее рамках и как ее дополнение или видоизменение

² Владимир Федорович Миткевич (1872–1951 гг.) — видный отечественный электротехник, один из авторов плана ГОЭЛРО, преподаватель Политехнического института с момента его образования (1902 г.) до конца жизни.

³ Природа электрического тока. Беседы-диспуты в Ленинградском политехническом институте. С. VII.

электронная теория, которая не отрицая существования электромагнитного поля, больше интересуется теми источниками, которые эти поля создают, тогда как Максвелловская теория, с другой стороны, не опровергая того, что какой-то источник поля есть, не считает нужным им заниматься»⁴.



В. Ф. Миткевич (1872–1951)

Сначала слово было предоставлено профессору В. Ф. Миткевичу, который изложил свое понимание электромагнитной теории в рамках концепции близкого действия. В своем пространном выступлении он интерпретировал ряд явлений электродинамики «в условиях „абсолютной пустоты“, лишенной обычной материи». Как он подчеркивал, «здесь нет ни ионов, ни электронов, наличие которых иногда нам кажется существенно необходимым для того, чтобы возникал ток. Совершенно отвлекаясь от обычной материи, мы имеем полностью основные явления, характеризующие электромагнитный процесс, называемый электрическим током. Подчеркиваю, мы имеем случай тока в „абсолютно пустом“ пространстве, ли-

шенном какой бы то ни было материи, и это один из самых распространенных случаев электрического тока в природе»⁵.

После Миткевича выступил профессор Я. И. Френкель с изложением альтернативных взглядов в духе концепции дальнего действия. Характеризуя позицию В. Ф. Миткевича, он сказал: «Эта школа не останавливается на введении электрического или магнитного поля. Она до некоторой степени пытается материализовать это поле, изображая его при помощи силовых линий, как непосредственную физическую реальность»⁶. «Материализация силовых линий характерная для старой английской школы, является своего рода „материализацией духа“, потому что поле является только „духом“. Реальностью, подлинной материей являются наэлектризованные частицы, ионы, электроны, а магнитные силовые линии, — это продукт нашего собственного воображения, вводимый нами для удобства и наглядности. Отказавшись от этой материализации магнитного поля, мы можем, однако, поставить другой вопрос, а именно, вопрос о реальности магнитного поля, как результата или сущности электрического тока. Как должно мыслить явление электрического тока, — как явление, происходящее в пространстве, окружающем проводник, или же как явление движения зарядов в самом проводнике? Является вопрос, какая точка зрения



Я. И. Френкель
(1894–1952)

⁴ Природа электрического тока. Беседы-диспуты в Ленинградском политехническом институте. С. 3–4.

⁵ Там же. С. 12.

⁶ Там же. С. 20.

лучше, удобнее, полнее: точка зрения поля или точка зрения материи? Материю мы рассматриваем, как источник поля и как его приемник, т. е. объект его воздействия. Материя, это то, что поле производит, на что оно оказывает действие. С этой точки зрения, материя является как бы первичным образованием, а поле представляет собой своего рода посредника между частицами материи. Это относится к любому силовому полю»⁷.

Я. И. Френкель говорил: «Вы знаете, что вопрос этот в течение последних 220 лет подвергся весьма обстоятельному исследованию, и что физики, в конце концов, пришли к заключению, что введение промежуточной материальной среды совершенно излишне, что она ничего не объясняет и только запутывает явления, выдвигая ряд фиктивных проблем. Интерпретация физических явлений приобретает гораздо более простой характер, если отказаться от представления о материальной среде, передающей электромагнитные действия, и примириться с принципом относительности времени, введение которого составляет заслугу Эйнштейна. Я не собираюсь забираться здесь в область теории относительности, я хочу в заключение лишь резюмировать свои соображения. Во-первых, на материализацию силовых линий следует смотреть, как на нечто, безусловно, недопустимое. Во-вторых, отказ от этой материализации еще не означает отказ от представления об электромагнитном поле, как о некой реальности. Я думаю, однако, что мы должны считать фундаментальной реальностью не поле, но материю, т. е. движение и взаимодействие материальных частиц, а электромагнитное поле рассматривать как вспомогательную конструкцию, служащую для более удобного описания этого взаимодействия. Наконец, я полагаю, что оно представляет собой дальное действие, которое мы никоим образом не должны сводить к какому-то действию и близкое действие, осуществляющемуся через какую-либо промежуточную материальную среду или при помощи материализованных силовых линий»⁸.

71

Затем состоялась дискуссия, в которой выступили П. Эренфест, В. К. Лебединский и другие. Сразу же следует отметить, что дискуссия имела более глубокий характер, нежели это можно было ожидать из вступительных слов Иоффе. Речь шла не о доминантах в пользу источников или поля в рамках одной и той же теории, а о радикальном противостоянии: в концепции близкого действия электромагнитное поле признается, а в концепции дальнего действия отрицается сам факт его существования.

В своем кратком выступлении П. Эренфест не принял ни одну из двух сторон: «Всегда оказывается, что один метод дает одно предсказание, второй метод — другое, а эксперимент решает. В теперешний момент эти две точки зрения Френкеля и Миткевича эквивалентны, т. е. нет возможности опытным путем решить, но это вовсе не гарантирует, что при дальнейшем развитии этих двух понятий между ними не будет расхождения. Может быть, мы будем мертвыми и потом это решат, кто из обоих прав»⁹.

Большинство выступавших также склонялось к двойственной позиции. Некоторые с симпатией относились к взглядам Миткевича, правда, с рядом

⁷ Природа электрического тока. Беседы-диспуты в Ленинградском политехническом институте. С. 22.

⁸ Там же. С. 25.

⁹ Там же. С. 30.



Я. И. Френкель и Г. Лоренц. Комо, 1927 г.

оговорок. Так, В. К. Лебединский высказался против понятия эфира, однако заявил: «Мне кажется, что вовсе не плох выход такой, что это самое образование, называемое электрическим или магнитным полем, может находиться в пустоте и имеет свою собственную реальность»¹⁰.

А. Ф. Иоффе признал полезными обе позиции: «У нас две разные точки зрения на одно и то же явление. Можно ответить на вопрос, кто правильное описал явление. Надо для этого посмотреть, что дальше будет».

П. Л. Калантаров, ученик Миткевича, естественно, приводил доводы в защиту концепции близкодействия.

В. Р. Бурсиан, начав с того, что он «никогда, отродясь, никакой философией не занимался», заявил, что наука состоит в том, чтобы «уметь производить вычисления и проводить их верно». «Между формалистической теории и реальностью опыта нужно было вставлять образную картину», каковой был сначала эфир, потом нечто другое. Главное же состоит в умении правильно подсчитывать результаты эксперимента. Для того, чтобы научить людей производить те или иные вычисления, полезно использовать достаточно наглядные представления, «и таким неоспоримым преимуществом обладают картины силовых линий. Ввиду их наглядности, приходится ими постоянно пользоваться и тем самым внушать веру в их реальность, веру, в которую я сам не верю»¹¹.

Последней в дискуссии выступила философ-марксист Т. Горнштейн, которая справедливо отметила, что данный спор по-существу является философским: «Дело в том, что философия здесь затрагивалась, прежде всего, постольку, поскольку здесь употреблялись общие категории, над которыми работает философия. Здесь шел вопрос о реальности, в частности, о реальности электромагнитного поля и силовых линий. Но что такое реальность?»

¹⁰ Природа электрического тока. Беседы-диспуты в Ленинградском политехническом институте. С. 32.

¹¹ Там же. С. 40.

Судя по ее выступлению, философия марксистско-ленинского диалектического материализма не позволила ей занять одну из позиций: «Мы, философы-марксисты, стоим на такой точке зрения, что в каждой научной теории есть доля настоящей истины». Тем не менее, она высказала убеждение, что «владея диалектическим методом, философ может сказать ценное и по существу физического спора. А вмешательство философии здесь, вопреки тому, что думает тов. Бурсиан, необходимо. Недостаточно только уметь вычислять. Тов. Бурсиан вызвал здесь большое сочувствие этим своим заявлением о том, что главное — сделать правильные расчеты. Без понимания основы явлений будут невозможны и правильные расчеты»¹². С последним заявлением следует согласиться.

На этом первая фаза диспута завершилась. В ходе данного обсуждения были явно продемонстрированы две альтернативные точки зрения, но к какому-либо выводу участники диспута так и не пришли.

3.1.2. Вторая беседа-диспут (3 января 1930 г.)

Вторая беседа по этой проблеме, состоявшаяся через три недели после первой, оказалась более конкретной и содержательной. Опять первое слово было предоставлено профессору Миткевичу, который начал с констатации «отсутствия единомыслия в отношении основных воззрений на физические явления». Для подтверждения своих взглядов он сослался на авторитет Ньютона, зачитав цитату из его письма к Бентли, конечно, опустив ее продолжение о божественной природе посредника взаимодействий.

Суммируя результаты предыдущего обсуждения, он сформулировал критерий, позволяющий четко различить приверженцев двух концепций: близкодействия или дальнего действия. Для этого был предложен следующий мысленный эксперимент: Пусть задан источник излучения и отдельно расположенный его приемник. Окружим источник мыслимой сферой радиуса, меньшего их взаимного расстояния. Спрашивается, излучение источника пересекает промежуточную сферу или нет? Сторонники концепции близкодействия считают, что излучение пересекает мыслимую сферу, а противники отвечают «нет». Сам Миткевич говорил решительное «да», пересекает, тогда как его оппонент Я. И. Френкель и другие сторонники дальнего действия говорили «нет». Такой ответ Миткевич считал физическим абсурдом.

Приведем следующий довод Миткевича: «Допустим, что радиостанция *A* в некоторый момент времени начинает генерировать очень мощное излучение, распространяющееся на колоссальное расстояние. Возьмем расстояние столь большое, что оно проходится электромагнитным излучением в десять лет, пока оно не дойдет до некоторого удаленнейшего радиоприемника *B*. Предположим, что после того, как радиостанция *A* уже поработала, мы ее совершенно уничтожим. Допустим, что радиоприемник *B* в момент излучения может даже не существовать и лишь потом, в конце десятого года, мы можем успеть построить приемную систему. Через десять лет излученная электромагнитная энергия будет принята системой *B*. А в промежутке, в течение десяти

¹² Природа электрического тока. Беседы-диспуты в Ленинградском политехническом институте. С. 47.

лет, где находится излучаемая энергия, где находится физический агент, который должен в конце концов воздействовать на приемник *B*? С точки зрения Я. И. Френкеля, нигде. Такое объяснение физически недопустимо. Если мы рассуждаем, как физики, подобное объяснение мы должны квалифицировать, как полный абсурд, но при формально-математическом рассмотрении вопроса мы имеем законное право иногда так рассуждать. Как математик, Ньютон правильно пользовался теми положениями, которые, как физик, считал абсурдными»¹³.

В этом высказывании Миткевича проявилось его понимание различий мнений как в выборе одного из двух подходов: математического или физического. Относительно высказывания Эрэнфеста на предыдущем диспуте о математической эквивалентности двух подходов, он заявил об их неэквивалентности «в отношении физического смысла»: «П. С. Эрэнфест предложил поставить специальный опыт — *experimentum crucis*, при помощи которого можно было бы решить, какая точка зрения правильная, какая ошибочна. Я не вижу никакого физического смысла в таком эксперименте. Он ни к чему не приведет. Ввиду математической эквивалентности этих двух точек зрения, конечно, любой эксперимент мы можем и должны описать и тем и другим способом. Но совершенно ясно, что одна точка зрения при всей ее математической законности и ценности, является физическим абсурдом, а другая — физически состоятельна и вполне приемлема. Это совершенно очевидно уже теперь, и я поэтому очень возражаю против пессимизма П. С. Эрэнфеста, который сказал, что может быть нам придется умереть раньше, чем наш спор приведет к какому-нибудь заключению. Умирать не надо, надо жить! Помогите, спор решается уже сейчас в плоскости простого здравого смысла»¹⁴.

Однако различие двух позиций лежало совсем в иной плоскости, и ряд участников диспута обратили на это внимание: суть разногласий состояла в различии философских позиций, которые занимали две противоборствующие стороны, — Миткевич и Френкель придерживались разных метафизических парадигм.

В своем ответном слове Я. И. Френкель заявил: «Позвольте прежде всего доказать вам, что физическим абсурдом является именно представление о близкодействии, а физической реальностью, физически обоснованным является представление о дальном действии. Как нам ни трудно представить себе это дальное действие, да еще запаздывающее, все же нам необходимо сделать соответствующее усилие для того, чтобы освободиться от тех привычек, которые сложились у нас в эпоху, когда наши познания были недостаточны»¹⁵.

Далее Я. И. Френкель согласился с Миткевичем о математической эквивалентности двух подходов, но при этом заявил: «Разрешите мне сейчас проанализировать понятие близкодействия так, как оно фигурирует в теории Фарадея, так, как его представлял себе Максвелл, и показать вам, что это близкодействие, действующее через промежуточную среду, представляет собой только иллюзию, только замаскированное дальное действие. Не дальное

¹³ Природа электрического тока. Беседы-диспуты в Ленинградском политехническом институте. С. 54–55.

¹⁴ Там же. С. 56.

¹⁵ Там же. С. 73.

действие оказывается необходимым сводить к близкодействию, а, наоборот, близкодействие к дальнодействию»¹⁶.

В защиту своей позиции Френкель приводил три основных довода. Первый (он называл его «антропоморфным») довод состоит в том, что у нас укоренились представления о воздействии на предметы через непосредственное соприкосновение: «Почему физики так долго, так упорно отстаивали, и до сих пор еще отстаивают, идею близкодействия? Я думаю, что причина этого лежит в области, так сказать, психологической, что представление о близкодействии имеет характер антропоморфный. Мы своим телом можем давить на другое тело только путем непосредственного соприкосновения»¹⁷.

Второй довод кроется в привычке оперировать дифференциальными уравнениями, обычно ассоциируемыми со сплошной средой.

Третий довод, сформулированный ранее А. Пуанкаре, состоит в критике взаимодействия через контакт: «Если частицы, из которых состоит рассматриваемое тело, отделены друг от друга пустыми промежутками, то каким образом они действуют друг на друга? Вы можете сказать, что когда одно тело толкает другое, то одни частицы нажимают на соседние и таким образом осуществляется непосредственное соприкосновение. Ну а если вы тело растягиваете, как тогда действуют соседние частицы его друг на друга?»¹⁸. Он утверждал, что введение новой межмолекулярной среды «нисколько не решает вопроса о сведении дальнодействия к близкодействию, а лишь сводит дальнодействие на очень малых расстояниях к дальнодействию на еще меньших расстояниях».

Далее дискуссия обострилась и порой затрагивала даже мистические моменты. Так, Миткевич заявил: «Я нахожусь в чрезвычайно тяжелом положении, отвечая на то, что говорит Я. И. Френкель. Я прямо смущен до чрезвычайности. Он применил особый полемический прием. Я стремился поспорить с физиком Я. И. Френкелем, а он подменил физика чистым математиком. У нас нет общего языка. Я не знаю, как говорить. Если Вы, Яков Ильич, как физик, действительно можете примириться с этим невероятным абсурдом, что некоторая масса m_1 может действовать на расстоянии на массу m_2 без того, чтобы какой-либо физический агент проникал сквозь замкнутую поверхность, окружающую массу m_1 , то я вынужден заподозрить вас в том, что вы тайный адепт спиритизма. Иного объяснения нет!»¹⁹.

В ответ на это Френкель сказал: «Известно, что одним из наиболее решительных сторонников и апологетов теории эфира является Лодж и, именно, Лодж полагает, что эфир не только выполняет электромагнитные функции, но и функции духовные, служа тем агентом, который обеспечивает общение душ»²⁰. Далее он напомнил, что в его статье «Мистика мирового эфира» уже содержалась критика множества «божественных субстанций в физике. Эти божественные субстанции характеризуются невесомостью, подобно тому, как всякое божество — бессмертностью. Впоследствии все божественные суб-

¹⁶ Природа электрического тока. Беседы-диспуты в Ленинградском политехническом институте. С. 73.

¹⁷ Там же. С. 74.

¹⁸ Там же. С. 76.

¹⁹ Там же. С. 88.

²⁰ Там же. С. 90.

станции были ниспровергнуты, — за исключением одной — мирового эфира, который всех их поглотил и заменил, подобно тому, как единый бог новейших религий поглотил и заменил сотни прежних богов».

К дискуссии присоединились и другие участники диспута. Позицию Френкеля поддержал Я. Г. Дорфман: «В. Ф. Миткевич привел пример двух действующих масс и говорит, что тот метод анализа, который к этому примеру приводит Я. И. Френкель, спиритический. Разрешите сказать как раз обратное». Он показал, что именно Миткевич, предполагая нечто эфемерное, промежуточное между взаимодействующими объектами, тем самым вводит некую духовную реальность.

Другой участник дискуссии Д. А. Рожанский заметил: «Все эти понятия об энергии, массе, материи связаны между собой, все эти понятия реальные, связанные с реальными явлениями, и ни в каком случае не с понятием духа или спиритического действия, но все-таки они являются продуктом человеческой мысли, а во многих случаях и нашего воображения так же, как и те красивые образы, которые вызывались в нас речью Миткевича»²¹. Отметим, что в подобном же духе неоднократно говорил и Э. Мах.

На сугубо философский характер данной дискуссии обратила внимание М. Л. Ширвиндт, сказав: «О чем спорят выступающие здесь товарищи? Не о формулах, конечно, а об их смысле — о природе физической реальности. Этот спор наглядно показывает, что физик вынужден обращаться к философии, когда он начинает размышлять над основами своей науки, ибо логический анализ научных понятий входит в задачи философии. Необходимость же



П. Эренфест (1880–1933 гг.).
Середина 20-х гг.

подобного анализа вытекает из сущности физической теории»²². Однако Ширвиндт, опираясь на марксистско-ленинскую идеологию, приняла сторону Миткевича, заявив: «Академик Миткевич совершенно прав, когда настаивает на реальном существовании среды между двумя массами. Профессор Френкель, полагая, что среда должна обладать механическими свойствами, считает поле пустотой. Испугавшись воскрешения „классического“ эфира, профессор Френкель воскрешает Демокритову пустоту».

Видимо, основанием для заявления о воскрешении «Демокритовой пустоты» мог быть тот факт, что дискуссия затрагивала лишь аспекты соотношения дальнего действия и близкого действия, не касаясь тесной связи с проблемой выбора реляционной или субстанциальной природы самого пространства-времени.

После дискуссии П. Эренфест сказал: «Теперь вы наверное будете сердиться на меня, когда я скажу, что хороший физик философствует очень редко

²¹ Природа электрического тока. Беседы-диспуты в Ленинградском политехническом институте. С. 96.

²² Там же.

и только, если ему уже не остается ничего другого, и если, не ошибаясь, он это делает всегда чрезвычайно плохо. И вот этого то я боюсь, прямо как огня»²³. По сути дела он признал обе позиции в какой-то степени равнозначными.

3.1.3. Третья беседа-диспут (14 марта 1930 г.)

Третий диспут опять открыл В. Ф. Миткевич, который на этот раз кратко подвел итог предыдущего заседания. При этом он опять нарисовал два взаимодействующих заряда и окружающую один из них сферу S с радиусом, меньшим расстояния между ними, и сказал, что суть дискуссии сводится к одному из двух ответов на вопрос: «Может ли электрический заряд q_1 взаимодействовать с зарядом q_2 без того, чтобы какой-либо физический агент проникал сквозь замкнутую поверхность S ? Подвожу теперь итог того, что выяснилось во время предыдущих бесед. Я самым решительным образом утверждаю, что мы должны категорически отрицать возможность ответа „да“ и говорить только „НЕТ“. С этим ответом связано определенное физическое мировоззрение... Мне кажется, лучше всего стоять на точке зрения Фарадея — Максвелла и мыслить некоторую промежуточную среду, представляющую собою основной физический фон, на котором развиваются все электромагнитные процессы. Но так или иначе, имеется физический посредник между этими двумя зарядами»²⁴. (В ходе дискуссии Миткевич записывал на доске фамилии сторонников того или иного ответа на этот вопрос.)

Затем выступил с пространным докладом Я. И. Френкель, в котором он подробно изложил основы электродинамики в рамках развиваемой им концепции дальнего действия.

77

Выделим наиболее существенные положения состоявшейся дискуссии.

1. Защитники концепции близкого действия настаивали на промежуточной среде и объясняли механизм запаздывания либо непрерывностью среды, либо посредством неких ударов между ее частицами. Несостоятельность обоих вариантов Френкель показывал посредством следующих соображений: гипотеза непрерывности ложна на том основании, что сейчас твердо установлен факт атомарного строения всех сред, а гипотеза ударного механизма не годится для описания взаимодействия при растяжении среды.
2. Позиция Френкеля оказалась лишь частично реляционной, — он защищал лишь реляционный характер взаимодействия (дальнего действия), признавая наличие пустого пространства. Он говорил: «Мы имеем пустое пространство, в которое вкраплены отдельные электроны, действующие друг на друга на расстоянии. Это дальнее действие можно описать с помощью электромагнитного поля»²⁵. Но тут же он добавлял, что это поле имеет вторичный, вспомогательный характер.
3. Касааясь вопроса о законе сохранения энергии в процессе излучения, — где находится энергия излученного электромагнитного сигнала, — Френкель заметил, что понятие энергии не является первичным, а лишь удобным вспомогательным понятием: «Если вы спросите меня, существует ли

²³ Природа электрического тока. Беседы-диспуты в Ленинградском политехническом институте. С. 100.

²⁴ Там же. С. 108–109.

²⁵ Там же. С. 119.

реально кинетическая энергия, т. е. величина, измеряемая произведением $mv^2/2$, то я отвечаю, что она существует, поскольку вы ее выдумали, так же как существуют музыкальные и литературные произведения, являющиеся продуктом человеческого творчества. Она является вспомогательным представлением, которым вы пользуетесь для описания движения. Можно пойти дальше и спросить: существует ли реально сила? Здесь мы доходим до основных наших представлений и здесь мы вынуждены остановиться. Я думаю, что всего целесообразнее остановиться на этом пункте. Может быть мы когда-нибудь пойдем и дальше, но при описании движения в качестве исходного представления всего естественнее пользоваться представлением о движении и о силе. Эти представления мы вынуждены считать непосредственно существующими, а все остальные величины трактовать как нашу собственную математическую конструкцию»²⁶.

4. В своих рассуждениях Френкель говорил не о передаче энергии при взаимодействии, а о силовом запаздывающем воздействии одних зарядов на другие. Взаимодействующие частицы находятся в разных моментах времени. Введение промежуточного поля необходимо лишь при желании выполнения закона сохранения энергии в каждый момент времени. В этом случае поле берет на себя функцию носителя энергии, которая будет воспринята поглотителем сигнала в какой-то последующий момент времени.

В дискуссии выступил также И. В. Мешерский, напомнив, что поставленный здесь вопрос обсуждается уже несколько столетий. Далее он сказал: «Не могу встать целиком ни на точку зрения Я. И. Френкеля, ни на точку зрения В. Ф. Миткевича; мне думается, что это две стороны одного и того же представления: подходим ли мы к интересующему нас вопросу с помощью математического анализа, или с помощью физической картины явления, — тот и другой путь нам одинаково ценен, так как и тот, и другой приближают нас к познанию истины»²⁷.

Позицию Миткевича поддержал В. К. Лебединский, а позицию Френкеля — Г. В. Брауде. Но, тем не менее, когда Миткевич стал настаивать на ответе «да» или «нет» на поставленный вопрос, он сказал: «Вопрос поставлен неверно. Можно назвать волновую функцию ψ этим физическим агентом, но она не обладает массой, упругостью и другими свойствами эфира». На что Миткевич воскликнул: «Конечно, конечно! Какой-то совершенно особенный агент! Итак, вы говорите „НЕТ“». И он с удовлетворением записал его фамилию в графе «НЕТ».

Завершая заседание, председательствующий М. А. Шателен резюмировал: «Я думаю, что наша беседа могла бы продолжаться не 3, а все 33 вечера, и все 33 вечера она была бы наполнена такими же, в высшей степени интересными сообщениями, как те, которые мы слышали. В результате, конечно, ни к какому окончательному решению, в чем причина электрического тока, мы все же не пришли»²⁸.

²⁶ Природа электрического тока. Беседы-диспуты в Ленинградском политехническом институте. С. 119–120.

²⁷ Там же. С. 138.

²⁸ Там же. С. 150.

3.2. Дискуссии 30-х годов

Аналогичные дискуссии продолжались на ряде сессий академии наук: в ноябре 1931 г., феврале и октябре 1933 г., в апреле 1934 г. и в марте 1936 г. Характер проходивших дискуссий отражен в статье А. С. Сониной²⁹, специально посвященной этому вопросу.

3.2.1. Противники концепции дальногодействия

Главным инициатором и действующим лицом дискуссий с критикой концепции дальногодействия выступал академик В. Ф. Миткевич, позиция которого в процессе обсуждения не претерпела существенных изменений. Так, на октябрьской сессии Академии наук СССР в 1933 г., где опять разгорелся спор, он следующим образом резюмировал свои взгляды на концепцию дальногодействия:

- «а) В современной теоретической физике представление о действии на расстоянии играет доминирующую роль без достаточных на то оснований.
- б) Действие на расстоянии не может быть рассматриваемо в качестве первичного физического явления, т. е. в качестве „физического“ действия на расстоянии.
- в) Принципиальная фарадеев-максвелловская установка, выдвигающая на первый план непереносимое участие среды во всех физических взаимодействиях, совершенно несовместима с точкой зрения „физического“ действия на расстоянии.
- г) Ввиду своего псевдо-физического характера, представление о действии на расстоянии может быть допустимо только при формально-математическом описании физических явлений, а также при анализе физических закономерностей.
- д) Настоятельно необходим критический пересмотр основных установок современной физики, прямо или косвенно вытекающих из представления о „физическом“ действии на расстоянии»³⁰.

Как видно из этого резюме, Миткевич не сказал ничего конкретного, что свидетельствовало бы о несостоятельности концепции дальногодействия. Из его слов можно было сделать лишь следующие выводы:

1. В начале 30-х годов концепция дальногодействия была доминирующей в отечественной теоретической физике.
2. Физическое миропонимание Миткевича, — а точнее, его метафизические установки, — находилось в остром противоречии с концепцией дальногодействия, что его никак не устраивало.
3. Основной довод против концепции дальногодействия состоял в том, что она не соответствует идеологии Фарадея и Максвелла, а он настаивал на следовании их традициям.

²⁹ Сонин А. С. Советские физико-философские дискуссии начала 30-х годов // Исследования по истории физики и механики — 2006. М.: Наука, 2007. С. 264–290.

³⁰ Там же. С. 285–286.

4. Миткевич признавал допустимость «формально-математического описания и анализа физических явлений» на основе представлений о действии на расстоянии.

Таким образом, в то время о действительных изъянах в идеологии сторонников дальнего действия ничего сказано не было.

В своем выступлении Миткевич назвал своих основных оппонентов: «У меня пока имеются, к сожалению, более или менее серьезные расхождения со многими моими коллегами по Академии наук, в том числе, например, с академиками А. Ф. Иоффе, С. И. Вавиловым, с членами-корреспондентами Академии — Я. Н. Шпильрейном, Я. И. Френкелем, И. Е. Таммом и Г. А. Гамовым»³¹. Все они являлись крупнейшими отечественными физиками, имена которых прочно вошли в нашу науку. О самом же Миткевиче сейчас мало кто знает из современных физиков-теоретиков.

В противостоянии со сторонниками концепции дальнего действия Миткевич был не одинок. Его поддерживал видный физик того времени О. Д. Хвольсон (1852–1934 гг.), В своем широко известном в 20–40-е гг. «Курсе физики» он посвятил специальный параграф критике концепции дальнего действия, который начинался словами: «Термином „*actio in distans*“, т. е. „действие на расстоянии“ обозначается одно из наиболее вредных учений, когда-либо господствовавших в физике и тормозивших ее развитие: это учение, допускавшее возможность непосредственного действия чего-либо (*A*) на чего-либо (*B*), находящееся от него на определенном и столь большом расстоянии, что соприкосновение между *A* и *B* происходить не может. <...> В настоящее время успело сделаться общим достоянием убеждение, что *actio in distans* не должна быть допускаема ни в одной области физических явлений. <...> Современная наука противится мысли о дальнем действии; считает невозможным, чтобы какое-либо тело действовало там, где оно не находится, и заменила дальнее действие ближним, при котором всякое действие может быть произведено только в ближайшем соседстве с источником этого действия»³². В заключение параграфа автор предупреждает «юных читателей не впадать в эту область фантазий» (имеется в виду учение о дальнем действии).

Как видим, в одном из наиболее распространенных тогда у нас в стране учебников по физике выражено другое мнение о доминирующей концепции, — таковой Хвольсон тогда считал концепцию ближнего действия. Конкретных недостатков в позициях сторонников концепции дальнего действия в книге Хвольсона не указано.

3.2.2. Изменение позиций Я. И. Френкеля в 30-х годах

А недостатки во взглядах сторонников концепции дальнего действия в то время были, причем достаточно серьезные. Прежде всего, они состояли в принятии ими априорно заданного классического пространства-времени, что создавало трудности в преодолении воздействием пространственного разделения объектов. Другой недостаток следовал из бурно развивавшейся в те годы квантовой механики. Оказывалось, что сами заряженные или массивные объекты так же,

³¹ Цит. по: Сонин А. С. // Исследования по истории физики и механики — 2006. С. 286.

³² Хвольсон О. Д. Курс физики. Т. 1. Л М.: ГТТИ, 1933. С. 181–183.

как и электромагнитное излучение, обладали волновыми свойствами. Как это совместить со взглядами классического дальнего действия, было не ясно. В поисках ответа на этот вопрос началась сначала эрозия, а затем пересмотр позиций сторонников дальнего действия.

Наиболее зримо это проявилось в эволюции взглядов виднейшего в те годы физика-теоретика Я. И. Френкеля. Так, уже в 1933 г., выступая на октябрьской сессии Академии наук с ответным словом на речь Миткевича, он сказал: «Современная физика считает необходимым ввести понятие об электромагнитном поле, которое заполняет пространство, окружающее частицы, заряженные электричеством. В пространстве, окружающем одну из подобных материальных частиц, происходит некоторый физический процесс, имеется физическое состояние, характеризуемое понятием „электромагнитное поле“. Этот процесс, при перемещении источника поля, распространяется со скоростью света, но современная физика категорически отрицает существование у этого поля какого-то материального носителя»³³.

Таким образом, если в 1930 г. Френкель считал первичными заряженные частицы (электроны), а электромагнитное поле неким вторичным, вспомогательным понятием, вводимым для удобства рассуждений, то теперь он вынужден был признать наличие самостоятельного «электромагнитного поля, которое заполняет пространство, окружающее заряженные частицы».

Но и этого мало: в том же выступлении он заявил: «Современное развитие физики приводит нас к тому, что мы начинаем считать именно электромагнитное поле основной сущностью физических явлений, а частицы материи скорее вторичными продуктами, узловыми местами, а не первоисточниками»³⁴. Однако он продолжал настаивать на том, что электромагнитное поле не нуждается в специальном носителе типа эфира, а само является физической реальностью.

«В спор вмешался академик Н. И. Бухарин. Он заметил, что Френкель не относит электромагнитное поле к материи. Тогда он задал вопрос: является ли электромагнитное поле третьей категорией после материи и духа? Второй вопрос — является ли „пространство атрибутом чего-то (скажем, материи) или самостоятельной субстанцией?“ Френкель ответил, что электромагнитное поле надо считать особым видом материи, материи непрерывной, к которой нельзя применять понятия движения. На второй вопрос он не ответил»³⁵.

Здесь следует обратить внимание на второй вопрос Бухарина, оставшийся без ответа. Ведь именно в нем следовало искать преодоление тех трудностей, с которыми столкнулся Френкель и которые вынуждали его менять свои взгляды. Конечно, Бухарин не имел в виду реляционный подход к природе пространства и времени. Видимо, он желал услышать ответ в духе марксистско-ленинского диалектического материализма, согласно которому пространство и время являются формами существования материи. Реляционный же подход неминуемо сближал с воззрениями Маха, что в то время было недопустимо.

³³ Цит. по: Сонин А. С. // Исследования по истории физики и механики — 2006. С. 286.

³⁴ Там же.

³⁵ Там же. С. 287.

В своей статье А. С. Сонин, опираясь на доминирующую ныне теоретико-полевою парадигму, не пытается найти конкретные дефекты в характерном для того времени понимании принципов дальнего действия и не ищет пути их преодоления в рамках реляционного подхода, сосредоточив свое внимание на причинах отставания Френкелем концепции дальнего действия. Он пишет: «Возникает вопрос: почему Френкель, глубокий теоретик, работающий в самых современных разделах физики, в те годы разделял идею *actio in distans*? По-видимому, здесь действовали две причины. Во-первых, гипноз современных математических методов, которые хорошо описывают взаимодействие зарядов без учета промежуточной среды. Во-вторых, неприятие эфира, изгнанного из физики теорией относительности, который пытался реанимировать Миткевич»³⁶. Нам представляется, что не в этом лежит причина приверженности Френкеля концепции дальнего действия. Следует лишь сожалеть, что он не смог преодолеть объективные трудности, встретившиеся тогда на пути развития реляционного подхода к физике и геометрии.

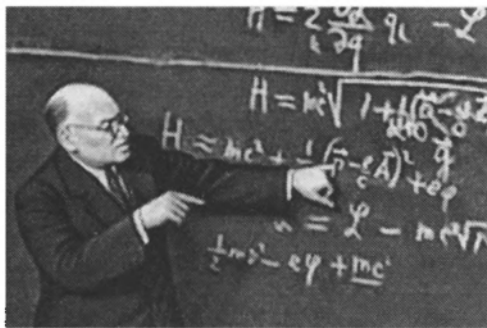
3.2.3. Позиции Я. И. Френкеля в конце 40-х годов

Я. И. Френкеля пригласили написать статью для издаваемого в США сборника работ, посвященных 70-летию юбилею А. Эйнштейна (1949 год) (в серии «Библиотека современных философов»). Статья под названием «Принцип причинности и полевая теория материи» была подготовлена к печати, но тогда так и не была опубликована. Это было связано с развернутой в стране идеологической кампанией по подготовке к проведению в начале 1949 г. совещания по философским вопросам современной физики, где намечался разгром представителей «физического идеализма». Профессор Я. И. Френкель считался одним из таковых. По совету коллег он обратился к В. М. Молотову за разрешением переслать статью в США. Тот порекомендовал решение этого вопроса А. А. Громыко, который в телефонном разговоре с Я. И. Френкелем не рекомендовал ему это делать. Статья была опубликована лишь в 1994 г. в сборнике³⁷, изданном его сыном В. Я. Френкелем к 100-летию юбилею своего отца. Мне было предложено написать комментарий к этой статье, а также отдельную статью, посвященную истории развития концепции дальнего действия.

Откровенно говоря, статья Я. И. Френкеля меня разочаровала, поскольку в ней прослеживался дальнейший отход автора от ранее занимаемых позиций последовательного сторонника концепции дальнего действия. Об этом свидетельствовало уже использование в названии статьи понятия «полевая теория материи» и «трактовка электромагнитного поля не как поля сил, а как поля, представляющего собой „электризованную“ материю, причем электрические заряды являются его производными, а понятие силы — ликвидированным». Френкель стремился показать, что «атомарность электрического заряда и неразличимость (тождественность) электронов являются квантовым свойством электромагнитного поля». Френкель, в противоположность своим прежним утверждениям, писал: «Полная теория, способная адекватным образом описать материю, должна быть динамической теорией поля».

³⁶ Цит. по: Сонин А. С. // Исследования по истории физики и механики — 2006. С. 279.

³⁷ Френкель Я. И. Принцип причинности и полевая теория материи // Вопросы теоретической физики. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского института ядерной физики РАН, 1994. С. 132–154.



Я. И. Френкель на лекции в Политехническом институте, Ленинград, 1949 г.

Однако в статье можно было разглядеть и следы его прежней позиции: «Фотоны можно рассматривать как „виртуальные частицы“, аналогичные звуковым квантам или „фононам“. Они вводятся в теорию для интерпретации прерывного действия, оказываемого светом на электроны и атомы»³⁸.

Из статьи Френкеля явно видны проблемы, которые препятствовали ему далее отстаивать идеи концепции дальнего действия. Перечислим их.

1. В теории прямого межчастичного взаимодействия фоккеровского типа симметричным образом присутствуют запаздывающие и опережающие взаимодействия, тогда как на практике проявляются лишь запаздывающие взаимодействия. Френкель пытался преодолеть эту трудность посредством своеобразного диалектического объяснения понятий причины и следствия, отмечая некую «двустороннюю связь причины и следствия», и видел разрешение проблемы в дифференциальной форме уравнений физики.

Следует отметить, что эта проблема к тому времени уже была разрешена в работе Дж. Уилера и Р. Фейнмана 1945 г., однако Френкель о ней тогда ничего не знал.

2. Существенной проблемой для Френкеля оказалось совмещение принципов дальнего действия с закономерностями квантовой теории. Ему виделось решение этой проблемы на пути перехода к квантовой теории поля.

Однако оказалось так, что эта проблема в самом начале 50-х годов была решена Фейнманом, для чего ему пришлось развить третью, после шредингеровской и гейзенберговской, формулировку квантовой механики, ныне известную как метод квантования посредством континуального интегрирования по траекториям. Примечательно, что Фейнман решал эту проблему, опираясь на работы Френкеля.

3. Проблема выделенности электромагнитного взаимодействия. Любопытно отметить, что Френкель отождествлял поля материи с электромагнитным полем, полагая, что именно электромагнитное поле становится «фактическим представителем наэлектризованной материи, определяющим ее энергию..., которое не создается частицами... Эти частицы должны,

³⁸ Френкель Я. И. // Вопросы теоретической физики. С. 144.

напротив того, трактоваться как своего рода „особые точки“, движение которых соответствует законам сохранения энергии и импульса „генерирующего“ их электромагнитного поля и которые сами по себе не имеют ни энергии, ни каких-либо других механических свойств. Все эти свойства переходят к полю». И хотя он говорил, что это поле «утрачивает смысл „силового“ поля и приобретает материальный смысл представителя наэлектризованного вещества», тем не менее здесь чувствуется серьезная уступка теоретико-полевой парадигме.

Отметим, что эти взгляды Френкеля не были лишены смысла и нуждались в дальнейшем развитии.

4. Проблема описания гравитационного взаимодействия в рамках концепции дальнего действия тогда еще не была решена. В этом отношении примечательна позиция Френкеля, который выступал против квантования гравитационного поля, считая «аналогию между гравитационным и электромагнитным полями весьма поверхностной». В частности он утверждал: «в то время как электромагнитное поле представляет собой *материю*, поле гравитационное, согласно эйнштейновской же теории, служит лишь для определения *геометрии* (т. е. метрических свойств) пространственно-временной протяженности».

Отметим, что для гравитационного взаимодействия можно развить вариант теории прямого взаимодействия фоккеровского типа, однако это было сделано позже.

5. Для Френкеля оказался непростым вопрос об описании взаимных трансмутаций элементарных частиц, о котором в рамках теории прямого межчастичного взаимодействия размышлял Р. Фейнман, затем Ф. Хойл, Дж. Нарликар, П. Дэвис и многие другие. Любопытна попытка Френкеля совместить процессы трансмутаций с идеей регенерации частиц, когда они в одном месте исчезают, а в другом месте возникают уже с другими свойствами.

Эта идея вполне разумна и становится вполне естественной в реляционном подходе к природе пространства-времени.

6. Вопрос о соотношении релятивистской и нерелятивистской квантовой механики также оказался достаточно сложным в рамках теории прямого межчастичного взаимодействия. Забегая вперед, отметим, что с этой проблемой столкнулся и Р. Фейнман. Строго говоря, его формулировка была развита для нерелятивистской квантовой механики. Переход к релятивистской теории привел его к привлечению дополнительных гипотез.

3.3. Метафизические аспекты дискуссий 20–40-х годов

Ряд участников описанных выше дискуссий были правы, обращая внимание на философский, а не на физико-математический характер ведущихся дискуссий.

3.3.1. Диалектический материализм и концепция дальнего действия

В конце 20-х – начале 30-х годов дискуссии физиков-теоретиков проходили более или менее свободно, без особой оглядки на идеологию марксистско-

ленинского диалектического материализма. Более того, как видно из стенограмм, участники диспутов искренне полагали, что суть их расхождений имеет не методологический, а сугубо физико-математический характер. Но постепенно пришло осознание того, что они придерживаются разных философских позиций. Тогда не принято было говорить о метафизике или о различных метафизических парадигмах.

Одновременно с этим в стране происходил процесс постепенного «закручивания гаск» в идеологической сфере. Разделавшись с оппозицией, руководство страны взялось за наведение чистоты в идеологии. А в марксистско-ленинской трактовке диалектического материализма, приспособленного для обоснования и ведения непримиримой классовой борьбы, господствовала дихотомия, разделяющая две противоборствующие стороны. Одна сторона, пролетарская, материалистическая, признавалась передовой и отстаивающей неизблемые истины, а другая, буржуазная, идеалистическая, считалась ложной, отживающей свой век и поэтому подлежащей безусловному уничтожению. Эти положения постепенно распространились и на сферу науки, а марксистско-ленинская философия фактически была возведена в ранг науки наук.

Строго говоря, вопросы о субстанциальной или реляционной природе пространства-времени и о справедливости концепций близкодействия или дальнодействия для марксистско-ленинского диалектического материализма были совершенно не важны. Как справедливо писал уже в 60-х годах философ Л. Б. Баженов: «Субстанциальная и реляционная концепции не связаны однозначно с материализмом и идеализмом. Здесь возможны любые сочетания»³⁹. Для этой философии важно лишь, чтобы наука строилась на признании первичности материи, а какая она, — диалектический материализм на это ответа не дает, — она есть все. Материализм вполне устраивал и эфир, и материальный вакуум, но также мог подойти и теплород, и флогистон, и что угодно другое, лишь бы называлось материей.

Поскольку среди физиков-теоретиков, приверженцев двух сторон, — реляционной и субстанциальной, — шла борьба, то, естественно, идеологи марксизма-ленинизма склонны были в ней разглядеть любимую ими баррикаду и развести противоборствующие стороны по двум сторонам: материалистической и идеалистической. При этом куда отнести каждую из них, сначала было не совсем ясно. Но постепенно симпатии стали склоняться в пользу сторонников близкодействия, поскольку их подход был более наглядным и понятным для обывателя. В итоге эта позиция была провозглашена материалистической, а дальнодействие, вызывавшее ряд непонятных вопросов и требовавшее большего напряжения ума, оказалось по другую сторону баррикады.

Но было и встречное движение со стороны приверженцев концепции близкодействия. Не видя возможностей сокрушить своих оппонентов в научной дискуссии, они обратились за помощью к философам, сторонникам государственной идеологии. Так, на мартовской сессии Академии наук СССР академик В. Ф. Миткевич призвал А. Ф. Иоффе, И. Е. Тамма и других своих оппонентов ответить на вопрос о взаимодействии зарядов, однозначно сказав «да» или «нет». В своем выступлении И. Е. Тамм сказал: «К сожалению, не все вопросы таковы, что на них можно ответить попросту „да“ или „нет“. Если

³⁹ Философия естествознания. М.: Изд-во полит. лит-ры, 1966. С. 138.

меня спросят — зеленый ли меридиан проходит через Пулковскую обсерваторию или красный, я не смогу ответить ни „да“, ни „нет“. Однако в него можно вложить вполне определенное содержание. Если вложить в него то содержание, которое, как это явствует из всей совокупности статей акад. Миткевича по этому вопросу, неявно вкладывает в него автор вопроса, то на него нужно ответить противоположно тому, как этого хочет акад. Миткевич, т. е. „да“. Но если вложить в этот вопрос правильное физическое содержание, то на него нужно ответить „нет“. Однако, хотя этот ответ формально совпадает с тем, который хотел бы получить акад. Миткевич, по существу он будет иметь весьма отличное содержание от ответа акад. Миткевича»⁴⁰.

И. Е. Тамм был сторонником концепции дальнего действия и поддерживал позиции Я. И. Френкеля, однако в то время эти позиции были уже не столь радикальны, что отразилось в ответе Тамма. В своем выступлении он неудачно упомянул красный цвет меридиана (можно было использовать синий или иной другой), чем не приминул воспользоваться Миткевич, который тут же заявил: «Воздавая должное остроумию проф. И. Е. Тамма, я вместе с тем считал бы необходимым заметить, однако, что всякая шутка есть вещь обоюдоострая. Условно одобряя сравнение, сделанное проф. И. Е. Таммом, я частично соглашаюсь с ним и охотно допускаю, что сформулированный мною вопрос действительно в некотором отношении можно уподобить вопросу о том, какого цвета меридиан. Но только я спрашиваю своих идейных противников: какого „цвета“ их меридиан? Окраска моего меридиана всем присутствующим в достаточной степени ясна. Я думаю, всем также достаточно ясно, какого цвета меридиан проф. И. Е. Тамма. А вот только непонятно, какого цвета меридианы А. Ф. Иоффе и С. И. Вавилова: красного они цвета или зеленого»⁴¹.

В работе А. С. Сониной⁴² достаточно подробно описана обстановка в идеологической сфере страны во второй половине 30-х и 40-х годов, рассказано, как физические дискуссии по данному и другим вопросам переросли в обвинения И. Е. Тамма, В. А. Фока, Я. И. Френкеля, А. Ф. Иоффе и других видных отечественных ученых в физическом идеализме с соответствующими организационными последствиями.

3.3.2. Метафизический анализ проблем концепции дальнего действия

К сороковым годам XX века исследователи реляционного подхода к физическому мирозданию столкнулись с рядом серьезных вопросов, имеющих метафизический характер. Как уже указывалось, главный недостаток состоял в том, что усилия были сосредоточены лишь на одной из двух составляющих дуалистической реляционной парадигмы: на концепции дальнего действия. Вторая же составляющая, — реляционный подход к природе классического пространства-времени, — в те годы практически игнорировалась. В итоге сторонники концепции дальнего действия пытались создать теорию эклекти-

⁴⁰ Известия АН СССР. Сер. физ. 1936. № 1/2. С. 119.

⁴¹ Миткевич В. Ф. // Докл. и статей Основные физические воззрения. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1939. С. 185–186.

⁴² Сонин А. С. Физический идеализм: история одной идеологической кампании. М.: Физматлит, 1994.

ческого характера: взаимодействие носило реляционный характер, тогда как пространство-время фактически имело смысл субстанциального фона, на котором строилась эта теория. Это невольно вызывало вопросы о механизме преодоления пространственной разнесенности взаимодействующих объектов, на что и указывали Миткевич и другие оппоненты.

Как уже отмечалось во Введении, придание классическому пространству-времени (в данном случае, плоскому) статуса самостоятельной физической категории соответствовало дуалистической теоретико-полевой парадигме, что диктовало замену двух оставшихся исходных категорий (частиц и полей переносчиков взаимодействия) на одну обобщенную категорию поля амплитуды вероятностей как бозонных, так и фермионных полей. Сторонники же концепции дальнодействия пытались на первых порах исключить категорию полей переносчиков взаимодействий и ограничиться лишь одной категорией частиц. В рамках классической физики это можно осуществить, оснастив частицы зарядами и постулировав принцип Фоккера.

Однако здесь вмешались закономерности квантовой теории, которые диктовали волновой характер не только электромагнитного поля, но и категории частиц. Поскольку квантовая теория активно развивалась именно в конце 20-х и в 30-е годы, когда велись описанные выше дискуссии, то это и привело к изменению позиций Я. И. Френкеля и других сторонников концепции дальнодействия. Они вынуждены были признать физическую реальность электромагнитного поля и постепенно начали отступать на позиции теоретико-полевой парадигмы.

В позициях сторонников концепции близкодействия также были серьезные изъяны метафизического характера. Они стремились, наоборот, исключить частицы из числа первичных категорий и построить физическое мироздание лишь на категории полей переносчиков взаимодействий (главным образом на электромагнитном поле), конечно, на фоне априорно заданного классического пространственно-временного многообразия. В этом подходе частицы предлагалось трактовать в виде неких волновых сгустков (солитонов) электромагнитного поля или неких полевых сингулярностей. Однако время показало, что на этом пути не удастся построить устойчивые волновые сгустки, поскольку они, как правило, расползаются. Трактовка частиц в виде сингулярностей также имела ряд недостатков, связанных с тем, что в окрестностях сингулярностей следует считать теорию теряющей свою силу.

Другим слабым местом сторонников концепции близкодействия было то, что они, фактически признав субстанциальный характер пространства-времени, не ограничились его функцией как фона для физики, а пошли дальше. Так, В. Ф. Миткевич и другие настаивали на наличии реальной (материальной) пространственно-временной субстанции в виде эфира. Это возрождало множество старых проблем, о которых говорилось выше, в частности, в разделе «Мистика мирового эфира».

Названные метафизические обстоятельства явились источником ряда конкретных проблем концепции дальнодействия, которые тогда воспринимались как трудности технического (математического) характера. Назовем главные из них.

1. Проблема описания внутренней структуры элементарных частиц, о которой упоминал Я. И. Френкель во втором диспуте 1930 г.

2. Проблема самодействия частицы с создаваемым ею электромагнитным полем, которая получает более серьезное звучание в концепции близкого действия.
3. В теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия Фоккера 20–30-х годов опережающие и запаздывающие взаимодействия выступали на равных. В итоге выводы этой теории оказывались совпадающими с электродинамикой Максвелла лишь для случаев статических и стационарных явлений. Не ясно было, как избавиться от опережающих взаимодействий и сохранить лишь запаздывающие, соответствующие классическому принципу причинности.
4. Имелись трудности с описанием принципа Маха. Реляционный подход диктовал необходимость его учета в силу обусловленности локальных свойств объектов (инерции, масс и т. д.) глобальными свойствами окружающей их материи (точнее, материи всей Вселенной). Но оставалось не понятным, как конкретно реализовать принцип Маха в концепции дальнего действия. Известно, что многочисленные попытки ввести принцип Маха в теоретико-полевой или геометрической парадигмах потерпели неудачу.
5. В работах Фоккера и других авторов 20–30-х годов была построена теория прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия, однако возникал вопрос, как развить аналогичную теорию прямого межчастичного гравитационного взаимодействия. Заметим, что в многочисленных дискуссиях часто проводилась аналогия между электромагнитными и гравитационными взаимодействиями.
6. В рамках геометрической парадигмы на основе общей теории относительности были достигнуты впечатляющие результаты в космологии, в частности, в объяснении космологического красного смещения и в описании эволюции Вселенной. Вставал вопрос о возможностях реляционного подхода в этой важной области физики и астрономии.
7. В связи с бурным развитием квантовой теории необходимо было переформулировать квантово-механические закономерности в рамках концепции дальнего действия.
8. Ко всем перечисленным вопросам добавим главную проблему — реляционного описания пространственно-временных отношений. Некоторые элементы такой теории можно было заметить в трудах математиков, однако связной реляционной теории пространства-времени не было.
9. На эти и другие проблемы реляционной теории в те годы смотрели как на вопросы математического характера, тогда как они имели более глубокий, — метафизический, — характер.

Наконец, следует указать на следующие изъяны в отечественных дискуссиях:

- 1) Участники дискуссий, как правило, не касались глубоких корней обсуждаемых проблем и, к сожалению, не обращались к работам Лейбница, идеи которого могли бы оказать существенную помощь сторонникам концепции дальнего действия.

- 2) По известным политическим причинам в дискуссиях не упоминались идеи Эрнста Маха, сформулированные в духе реляционной парадигмы.
- 3) Можно также сожалеть о том, что в отечественных дискуссиях отсутствовали ссылки на одновременно проводившиеся исследования Фоккера и ряда других зарубежных авторов.

Многие из названных проблем пришлось решать в последующие десятилетия, а некоторые из них остаются актуальными и в наши дни.

Развитие идей дальнего действия в 40–70-е годы

Р. Фейнман пришел к созданию новых методов, играющих столь большую роль в квантовой теории поля, исходя из концепции «запаздывающего дальнего действия». В своих статьях он и Уилер развивали представления, очень близкие к старым, дополевым воззрениям Я. И. Френкеля, на которого они прямо ссылались. Подобно Я. И. Френкелю, они пытались обойти трудности, связанные с собственной энергией электрона, путями, предложенными Я. И. Френкелем и изложенными в его «Электродинамике». Отправляясь от этих именно исследований, Фейнман и пришел к созданию нового математического аппарата современной квантовой электродинамики¹.

И. Е. Тамм

Новый подъем интереса к концепции дальнего действия произошел в 40–50-х годах и был связан с принципиально важными работами Р. Фейнмана, выполненными в рамках теории прямого межчастичного взаимодействия. Один из полученных им на этой основе результатов был даже удостоен Нобелевской премии. Дальнейшее развитие событий напоминает произошедшее с Эйнштейном. Получив свои результаты, Фейнман понял, что к ним можно было прийти и без идей дальнего действия. В итоге он фактически поменял реляционную парадигму на теоретико-полевою, в отличие от Эйнштейна, отказавшегося от реляционной парадигмы в пользу геометрической.

4.1. Идеи дальнего действия в работах Р. Фейнмана по классической физике

Следует различать два этапа в исследованиях Фейнмана концепции дальнего действия. Первый связан с работами в рамках классической физики, а второй — с переформулировкой квантовой теории на основе суммирования по историям (возможным траекториям).

4.1.1. Исходные посылки работ Фейнмана

Об исходных посылках исследований Фейнмана образно сказано им самим в его Нобелевской лекции²: «Из книг я понял, что все затруднения теорий

¹ Тамм И. Е. Предисловие редактора к книге «Я. И. Френкель. Собрание избранных трудов». Т. I. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 5.

² Фейнман Р. Характер физических законов. М.: Мир, 1968. С. 193–231.

квантовой электродинамики проистекали из двух обстоятельств. Во-первых, из бесконечной энергии взаимодействия электрона с самим собой. Этот источник трудностей существовал даже в классической электродинамике. Во-вторых, из бесконечностей, обусловленных бесконечным числом степеней свободы поля. <...> Мне казалось совершенно очевидным, что представление об электро-не, взаимодействующем с самим собой, о том, что электрические силы действуют на ту же самую частицу, которая их вызывает, излишне, что оно даже глупое. Поэтому для себя я решил, что электрон не может взаимодействовать с самим собой, а может взаимодействовать только с другими электронами. Но это значит, что никакого поля нет. <...>

Ведь поля нет совсем или, если вы непременно хотите пользоваться понятием поля, оно теперь всегда полностью определяется взаимодействием частиц, его создающих. Вы качнули эту частицу, а она в свою очередь качнула ту; но раз уж вы хотите говорить о каком-то поле, если оно вообще существует, должно полностью определяться теми материальными частицами, которые его порождают, а потому у него нет никаких независимых степеней свободы. А тогда исчезают и бесконечности, связанные со степенями свободы. В самом деле, ведь каждый раз, когда мы смотрим и видим свет, мы всегда можем „увидеть“ какой-то материальный объект, который служит источником света. Мы не видим света самого по себе. <...>

Мой общий план состоял в том, чтобы сначала решить классическую задачу, освободиться от бесконечной собственной энергии в классической электродинамике, а затем, после того как я на этой основе построю квантовую теорию, все должно было устроиться самым чудесным образом. <...>

Вот так все и началось. Моя идея казалась мне настолько логичной и настолько изящной, что я влюбился в нее без памяти. А влюбиться без памяти в женщину можно только тогда, когда ты ее еще мало знаешь, а потому не видишь всех ее недостатков. Недостатки ты увидишь позже, но любовь уже достаточно сильна, чтобы удерживать тебя. Так и я, благодаря своему юношескому энтузиазму, невзирая ни на какие трудности, оставался верен моей теории»³.

По-видимому, Фейнман не знал ни о работах Лейбница и Маха, ни даже о работах Шварцшильда и Фоккера. Во всяком случае, он о них не упоминает. Поставленную проблему он пытался решать самостоятельно, консультируясь лишь с Дж. Уилером, своим научным руководителем.

Об исследованиях советского физика Я. И. Френкеля он узнал, по всей вероятности, позже, в какой-то степени повторив пройденный им путь. По мере развития своих взглядов Фейнман все чаще обращал внимание на эквивалентность двух подходов: реляционного и теоретико-полевого. Он писал: «Конечно, если вам очень хочется, вы можете восстановить поля в их правах, но тогда нужно следить за всеми полями, генерируемыми всеми частицами по отдельности. Дело в том, что при определении поля, действующего на данную частицу, нужно исключить поле, создаваемое ею самой. Единое общее поле, сумма всех индивидуальных, уже не годилось. Такая же идея была высказана ранее Френкелем, и поэтому мы называли эти поля — полями Френкеля. Наша теория, учитывавшая лишь взаимодействие между разными частицами,

³ Фейнман Р. Характер физических законов. С. 194–197.

была эквивалентной теории полей Френкеля, использующей наполовину опережающие и наполовину запаздывающие решения»⁴.

4.1.2. Фейнмановская теория поглотителя

В своих исследованиях Фейнман, совместно с Уилером, решил в рамках классической физики две принципиально важные задачи: 1) устранение из теории прямого межчастичного взаимодействия фоккеровского типа опережающих воздействий и 2) объяснение сил радиационного трения в уравнениях движения заряженных частиц.

Напомним, что в теории прямого межчастичного взаимодействия фоккеровского типа взаимодействие между любыми двумя электрическими зарядами (или массами) является, по определению, наполовину запаздывающим и наполовину опережающим. При этом исключить ненаблюдаемые на опыте опережающие взаимодействия волевым образом, как это фактически делается в теории поля, не представлялось возможным. В итоге получилось так, что фоккеровская теория была эквивалентна теории поля Максвелла—Лоренца лишь при описании статических и стационарных электромагнитных явлений.

И только в 1945 г. Р. Фейнман и Дж. Уилер в своей знаменитой работе⁵ показали, что эту трудность в теории электромагнитного взаимодействия можно преодолеть, если сделать следующий шаг к целостному восприятию мира, т. е. если учесть вклады во взаимодействия между любыми двумя зарядами со стороны всех других зарядов Вселенной — своеобразный «отклик Вселенной» на процесс «излучения» (на акт взаимодействия). Методика корректного учета отклика Вселенной, названная авторами *теорией поглотителя*, составила важную часть всей теории прямого межчастичного взаимодействия. Она основана на трех постулатах⁶:

- 1) ускоренный заряд в пустом пространстве «не излучает»;
- 2) силы воздействия одной частицы на любую другую включают в себя вклады взаимодействия со всеми другими частицами Вселенной, т. е. должны учитываться, кроме парных, еще тройные и т. д. взаимодействия;
- 3) силы взаимодействия являются наполовину опережающими и наполовину запаздывающими, эквивалентными соответствующим половинам решений Лиенара—Вихерта уравнений Максвелла.

Отметим, что ни Фейнман, ни Уилер сначала даже не знали о симметрии между запаздывающими и опережающими воздействиями в развиваемой ими теории. Фейнман пытался учесть наличие опережающих воздействий, обсуждал этот вопрос с Уилером, который ему посоветовал начать с произвольного соотношения между этими воздействиями и выяснить, при каком соотношении будет получаться искомый результат. Только путем последовательных вычислений Фейнман пришел к выводу, содержащемуся уже в работах Фоккера, о симметрии этих воздействий в парных взаимодействиях заряженных частиц.

⁴ Фейнман Р. Характер физических законов. С. 203.

⁵ Wheeler J. A., Feynman R. P. Interaction with absorber as the mechanism of radiation // Rev. Mod. Phys., 1945. Vol. 17. P. 157–181.

⁶ Формально они относятся и к гравитационному, и к иному взаимодействию.

В упомянутой работе 1945 г. было показано, что, если во Вселенной имеется достаточно большое число возможных частиц-поглотителей, то суммарное воздействие их на частицу-приемник излучения полностью компенсирует опережающее взаимодействие от источника. Кроме того, опережающая часть того же суммарного воздействия, суммируясь с запаздывающим воздействием источника на приемник, приводит к наблюдаемому на опыте запаздывающему взаимодействию.

Этот результат можно пояснить следующим образом. На источник «излучения» «падает» совокупность практически плоских опережающих «волн» (в терминах теории поля) от всех зарядов поглотителя (опережающее воздействие). В момент ускорения частицы-источника сходящаяся «волна» коллапсирует, и в следующий момент времени она «расходится» от источника вместе с его собственным «излучением» (их амплитуды одинаковы). Заряд-приемник не может различить эти две «волны» (воздействия) разного происхождения и реагирует на них как на единое целое, т. е. как на удвоенное запаздывающее воздействие.

При получении данного результата был сделан ряд упрощающих допущений: предположение о малой плотности зарядов в поглотителе, о равномерности их распределения, а также о том, что эти заряды свободные и др. Здесь возникает естественный вопрос: а не изменится ли результат в более общих случаях? Подробно рассматривая эту ситуацию, Фейнман показал, что полученный результат не зависит от подобных обобщений, — существенно лишь предположение о достаточно большом количестве зарядов в поглотителе, т. е. допущение «абсолютности» поглотителя.

Другой принципиально важный результат, следующий из учета поглотителя, состоит в том, что сам «излучающий» источник получает дополнительное воздействие со стороны всех частиц окружающей Вселенной в виде *силы радиационного трения*.

Следует вспомнить, сколько усилий было затрачено на объяснение силы радиационного трения в рамках традиционной теории поля (в теоретико-полевого парадигме), причем там до сих пор не устранены все трудности.

Фейнмановская теория поглотителя, учитывающая взаимодействия с частицами всей окружающей Вселенной, соответствует принципу Маха и взглядам немецкой физической школы середины XIX века, согласно которым физический мир представляет собой неразрывное целое, так что свойства его отдельных частей, обычно понимаемые как локальные (присущие отдельно взятым системам), на самом деле обусловлены распределением всей материи мира, или глобальными свойствами Вселенной.

Заметим, проведенные в работе Уилера и Фейнмана рассуждения не односторонни. Неявно был использован существенный постулат, что любое воз-



Р. Фейнман (1918–1988)



Дж. Уилер пишет на стене кафедры теоретической физики в МГУ слова «Не может быть физики элементарных частиц, имеющей дело лишь с частицами».

Фото автора

94

действие (излучение) от источника будет поглощено окружающей материей Вселенной, а воздействие на заряд со стороны источников из прошлого практически равно нулю. Всю изложенную схему рассуждений можно перевернуть. Для этого достаточно постулировать, что в будущем отсутствуют возможные поглотители, тогда как в прошлом имеется достаточно много источников (постулат «абсолютного излучателя»). В этом случае суммарное запаздывающее воздействие от источника на приемник (с учетом отклика Вселенной) обращается в нуль, а опережающее воздействие удваивается. Следовательно, для выбора одной из указанных схем рассуждений необходимы дополнительные соображения. Фактически здесь встает *проблема обоснования направления «стрелы времени»* (по образному выражению А. Эддингтона), т. е. направленности всей эволюции физического мира в будущее. В работах

Фейнмана и Уилера были использованы термодинамические соображения, однако рядом авторов для этой цели стали привлекаться свойства космологических моделей.

4.1.3. Обоснование принципа Гюйгенса в отсутствие полей

У читателя, как представляется, должен возникнуть вопрос: если понятие поля исключить из теории, то каким образом тогда объяснить явления дифракции и интерференции, доставившие физикам столько проблем еще во времена Ньютона, Лейбница и Гюйгенса и заставившие перейти к волновому описанию света? Данная проблема возникает в связи с исключением из числа первичных понятий именно электромагнитного поля как переносчика взаимодействий.

Конечно, Фейнман не мог обойти этот вопрос и в своих работах дал на него достаточно убедительный ответ, изложенный популярно в его «Фейнмановских лекциях по физике». Как известно, согласно принципу Гюйгенса, дифракционная картина, возникающая при прохождении света через отверстия в непрозрачном экране, находится из сложения вкладов фиктивных источников света, распределенных в дырках экрана. Как писал Фейнман: «Дифрагированная волна выглядит так, как будто источником служит дырка в экране. Мы должны выяснить причину этого явления, ведь на самом деле именно в дырке *нет* источников, *нет* никаких зарядов, движущихся с ускорением»⁷.

⁷ Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 3: Излучение, волны, кванты. М.: Мир, 1965. С. 98; 7-е изд. М.: Книжный дом «Либроком»/URSS, 2012.

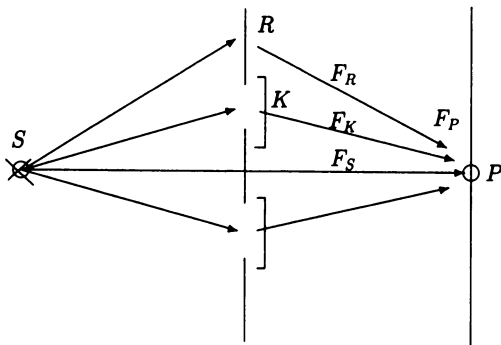


Рис. 4. Дифракция света, проходящего через щели в экране

Рисовался точечный источник электромагнитного «излучения», плоский приемник, расположенный перпендикулярно распространению света, и экран с отверстиями между ними (дифракционная решетка). Далее следовали рассуждения в рамках теории прямого межчастичного взаимодействия. При этом Фейнман называл электромагнитное воздействие источника на возможный поглотитель, как это общепринято, термином «поле»⁸. Напомним, что в реляционном подходе о «поле» можно говорить только в тех местах, где имеется возможный приемник, и его нет в точках пустого пространства.

Рассматривалось «поле» в некоторой точке P плоскости-приемника в двух ситуациях: а) когда отверстия в дифракционной решетке закрыты крышками, так что решетка-экран непрозрачна для света, и б) когда крышки убраны.

- а) **Отверстия в дифракционном экране закрыты крышками.** Согласно теории прямого межчастичного взаимодействия, «поле» в точке P складывается, во-первых, из «поля», создаваемого источником, с некоторым запаздыванием по фазе, и, во-вторых, из переизлученных «полей» от всех зарядов в дифракционном экране и в крышках. Поскольку экран с крышками непрозрачен для света, то, очевидно, суммарное «поле» в точке P равно нулю, т. е. «поле» источника в точности компенсируется переизлученными «полями» от всех атомов, составляющих экран и крышки.
- б) **Крышки убраны**, т. е. имеет место обычное явление дифракции света на экране с отверстиями. В этом случае «поле» в точке P отлично от нуля и, согласно общим принципам теории прямого межчастичного взаимодействия, складывается из «поля» источника и переизлученных «полей» атомами экрана (макроприбора).

Если отверстия достаточно велики, то можно положить, что переизлученные «поля» от экрана в обоих случаях одинаковы. Фейнман так прокомментировал свои рассуждения: «Мы приходим к выводу, что „поле“ в точке P при открытых отверстиях (случай б) равно (с точностью до знака) „полю“, создаваемому той частью сплошного экрана, которая находится на месте отверстий!» (Знак нас не интересует, поскольку обычно имеют дело с интенсивностью, пропорциональной квадрату поля.) Этот результат не только

⁸ Р. Фейнман в своей Нобелевской лекции называл это «поле» полем Френкеля.

справедлив (в приближении не очень малых отверстий), но и важен; кроме всего прочего, он подтверждает справедливость обычной теории дифракции»⁹.

Таким образом, общепринятое объяснение дифракции света на основе принципа Гюйгенса в теории поля соотносится с описанием этого явления в рамках теории прямого межчастичного взаимодействия как *негатив соотносится с позитивом в фотографии*.

Заметим, что в теории прямого межчастичного взаимодействия Фоккера—Фейнмана частицы (дифрагирующие электроны) принципиально отличаются от дифрагирующих «полей» переносчиков взаимодействий (фотонов), однако ничто не мешает заменить «поля» на понятия *отношений* между рассматриваемым электроном (частицей) и всеми другими частицами, составляющими экран, крышки в отверстиях и частицей (детектором), помещенной в точку P . Если это сделать, то вклады путей электрона через отверстия (при снятых крышках), определяющие амплитуду вероятности его прохождения от источника к приемнику P , согласно фейнмановскому методу суммирования по историям, можно уподобить вкладам гипотетических источников света в отверстиях экрана при подсчетах на основе принципа Гюйгенса. Опять применяя аналогии «негатив-позитив» в фотографии, можно утверждать, что амплитуда вероятности попадания электрона из/от источника до точки P определяется отношениями электрона со всеми частицами экрана (с открытыми отверстиями) и с детектором в точке P . Но экран и детектор составляют макроскопический прибор. Следовательно, *амплитуда вероятности данного процесса определяется отношениями электрона со всеми частицами макроскопического прибора*.

4.2. Фейнмановская формулировка квантовой механики

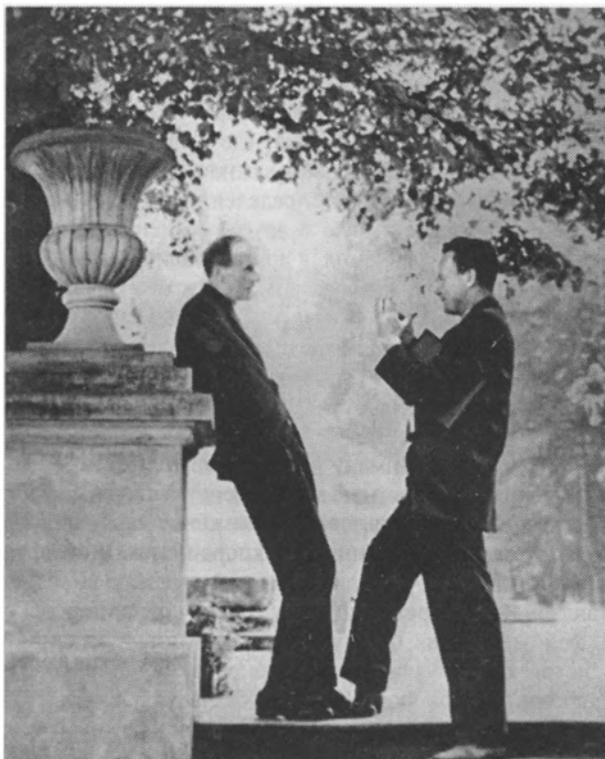
Как было отмечено, исследования Фейнмана в рамках концепции дальнего действия были вызваны стремлением преодолеть трудности с расходимостями в квантовой теории поля. Его совместные работы с Уилером в области классической теории прямого взаимодействия составляли лишь первый шаг в решении поставленной задачи. За ним последовал второй шаг, который привел к открытию новой формулировки нерелятивистской квантовой механики, явившейся третьей по счету после более широко известных шредингеровской и гейзенберговской формулировок.

В настоящее время фейнмановская формулировка, обобщенная и на случай релятивистской квантовой теории, известна как метод континуального интегрирования, или как метод квантования посредством суммирования по историям (траекториям). причем, как правило, она используется вне связи с реляционной идеологией.

4.2.1. Истоки фейнмановской формулировки квантовой механики

В своей основополагающей статье на эту тему Фейнман писал: «Теорию электромагнетизма, развитую Уилером и Фейнманом, <...> можно сформулировать в виде принципа наименьшего действия, содержащего только координаты

⁹ Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 3: Излучение, волны, кванты. С. 100.



П. А. М. Дирак и Р. Фейнман на 3-й Международной гравитационной конференции в Варшаве (1962 г.)

частиц. Именно попытка проквантовать эту теорию, не обращаясь к представлению о поле, и привела к изложенной здесь формулировке квантовой механики»¹⁰.

Р. Фейнману нужно было построить квантовую теорию, соответствующую классической теории прямого межчастичного взаимодействия, где ключевую роль играет принцип Фоккера. Но как это сделать? Как писал Фейнман: «Универсального способа преобразования классической механики в квантовую теорию не существует, хотя большинство учебников и пытается убедить вас в этом. В учебниках вам говорят, что нужно найти обобщенные переменные, импульсы, и заменить их оператором $(\hbar/i)(\partial/\partial x)$. Но мне-то негде было взять импульсов, их у меня просто не было»¹¹. Очевидно, в учебниках имеется в виду общепринятая теоретико-полевая парадигма, а в данном случае необходимы иные понятия и методы рассуждений.

¹⁰ Фейнман Р. Пространственно-временной подход к нерелятивистской квантовой механике // Вопросы причинности в квантовой механике. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1955. С. 202.

¹¹ Фейнман Р. Нобелевская лекция «Разработка квантовой электродинамики в пространственно-временном аспекте» // Р. Фейнман. Характер физических законов. М.: Мир, 1968. С. 209.

Как известно, принцип Фоккера записывается в виде равенства нулю вариации от классического действия. В связи с этим Фейнман искал «метод квантования, отправляющийся от действия — когда в квантовой механике используется интеграл действия?». Как он сам писал, идея такого метода была найдена в одной из статей Дирака, где было показано, что «в квантовой механике имеется исключительно важная величина, осуществляющая преобразование волновой функции, определенной в один момент времени, в волновую функцию, определенную в другой момент времени, не при помощи дифференциального уравнения, а другим эквивалентным образом, что-то вроде интегрального ядра, которое мы можем обозначать через $K(x', x)$ и которое преобразует волновую функцию $\psi(x)$, известную в момент времени t , в волновую функцию $\psi(x')$, определенную в момент времени $t + \varepsilon$ »¹². Дираком было показано, что эта замечательная функция пропорциональна экспоненте с показателем в виде функции Лагранжа классической частицы, умноженной на мнимую единицу.

Используя эту идею, Фейнману нужно было только заменить в формуле Дирака знак пропорциональности на знак равенства с неким коэффициентом. Далее необходимо было использовать разложение входящих сюда величин в ряды Тейлора по малым смещениям по координатам и интервалу времени и взять гауссовы интегралы, что приводило к уравнению Шредингера.

Так появилась новая, третья по счету (после шредингеровской и гейзенберговской), фейнмановская формулировка квантовой механики, ныне известная как метод континуального интегрирования, широко используемый в квантовой теории. Все три формулировки оказались эквивалентными в традиционной области применения нерелятивистской квантовой теории. Вместе с тем, они порождают разный ход мысли при попытках обобщений теории и при выходе за пределы привычных представлений, что нас здесь больше всего интересует.

4.2.2. Фейнмановская формулировка квантовой механики

Поясним, что Фейнман трактовал суть квантовой механики, сравнивая определения вероятностей процессов в классической теории вероятностей и в квантовой механике. Пусть в классической теории вероятностей определены вероятности W_{ab} событий b , если ранее произошло событие a и вероятности W_{bc} события c , если произошло событие b . Тогда классическая вероятность W_{ac} события c при известном событии a определяется классической формулой в виде суммирования произведений вероятностей по всем возможным промежуточным событиям b .

Как пишет Р. Фейнман, в квантовой механике имеется следующий «замечательный закон»: существуют комплексные числа φ_{ab} , φ_{bc} , φ_{ac} , через которые квадратично выражаются классические вероятности W_{ab} , W_{bc} , W_{ac} . В квантовой механике именно для них, а не для классических вероятностей вычисляется итоговое значение (через суммирование квадратичных выражений) по всем возможным промежуточным исходам b . А итоговая классическая вероятность определяется через квадрат итогового выражения φ_{ac} .

¹² Фейнман Р. Нобелевская лекция «Разработка квантовой электродинамики в пространственно-временном аспекте». С. 211.



Р. Фейнман выступает с замечаниями на 3-й Международной гравитационной конференции в Варшаве (1962 г.). Фото автора

Если выполняется квантовое суммирование, то в общем случае классическое суммирование становится неверным.

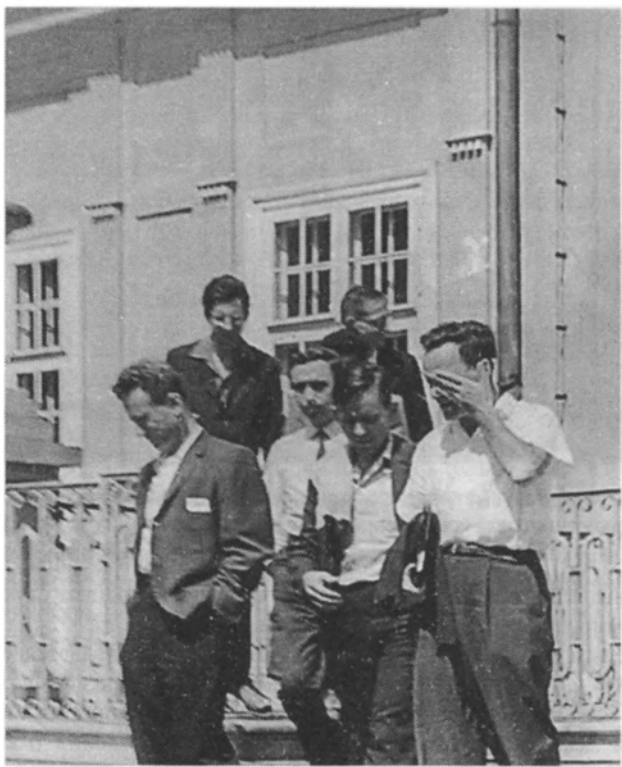
Ключевым понятием в фейнмановском подходе является *пропагатор* $K(x', x)$, т. е. *амплитуда вероятности перехода частицы из одной точки пространства-времени в другую*. Последняя задается с помощью двух постулатов, фактически заменяющих аксиомы скалярного произведения (метрические) в гильбертовом пространстве.

Первый постулат формулируется следующим образом: амплитуда вероятности $K(B, A)$ перехода (частицы, системы) из положения A в положение B равна сумме комплексных слагаемых $K(\Gamma)$ — по одному для каждой классической времени-подобной траектории $\Gamma(B, A)$, соединяющей эти положения. Поскольку на самом деле возможные классические траектории (пути) составляют континуум, суммирование означает интегрирование со специфической мерой.

Второй постулат позволяет записать в явном виде элементарные вклады $K(s+1, s)$, что вытекает из идеи Дирака и состоит в следующем: «Все траектории вносят вклад, одинаковый по абсолютной величине; фаза каждого вклада представляет собой (выраженное в единицах $\hbar$) классическое действие, то есть взятый вдоль траектории интеграл от функции Лагранжа по времени»¹³.

Сформулированные постулаты позволяют определить ранее введенное в теоретико-полевого парадигме понятие амплитуды состояния $\psi(x^\mu)$, или волновой функции частицы в произвольный момент времени x^0 . Это достигается обобщением пропагатора — амплитуды перехода из фиксированной начальной точки (x_1^0, x_1^j) — на случай произвольного начального распределения $\psi(x_1^0, x_1^j)$ в момент времени x_1^0 .

¹³ Фейнман Р. Пространственно-временной подход к нерелятивистской квантовой механике // Вопросы причинности в квантовой механике. М.: Изд-во иностр. лит-ры. 1955. С. 175.



Группа американских участников 3-й Международной гравитационной конференции в Варшаве. На первом плане: ?, Д. Брилл, Андерсон, Р. Фейнман (закрывается от объектива фотоаппарата). Фото автора

Как уже выше было отмечено, таким образом определенная волновая функция удовлетворяет (нерелятивистскому) уравнению Шредингера для свободной частицы. Взаимодействие вводится через потенциальную энергию непосредственно в действие в экспоненте, через которую записывается $K(x', x)$.

Далее выстраивается здание общепринятой шредингеровской квантовой механики на языке фейнмановского подхода.

4.2.3. Развитие фейнмановского метода квантования

Подчеркнем, что фейнмановская формулировка квантовой механики была развита для случая нерелятивистской теории. Для перехода к релятивистской квантовой теории необходимо было сделать еще несколько важных шагов.

1. Прежде всего, необходимо было показать, как в рамках такой теории перейти от уравнения Шредингера к релятивистскому уравнению Клейна—Фока—Гордона. Эта задача была решена рядом авторов. Здесь основная проблема состояла в выборе параметра эволюции. Замена абсолютного времени t на времени-подобную координату x^0 для этой цели не подходит, поскольку фейнмановский метод приводит к дифференциальному

уравнению первого порядка по параметру эволюции и второго порядка по пространственно-подобным координатам, т. е. нарушается пространственно-временная симметрия. Для преодоления этой трудности было предложено использовать дополнительный параметр эволюции, фактически соответствующий новому времени-подобному измерению. Его можно трактовать как пятую координату 5-мерной геометрической модели типа теории Клейна (но не Калуцы). При этом все четыре классические пространственно-временные координаты x^μ (с сигнатурой пространства-времени Минковского) полагаются равноправными.

После получения 5-мерного уравнения шредингеровского вида постулируется специальный вид зависимости волновой функции от дополнительного параметра эволюции, соответствующий условию компактификации в 5-мерной теории Оскара Клейна.

2. Сложнее обстоит дело с непосредственным переходом к уравнению Дирака, если не пользоваться окольным путем «извлечения квадратного корня» из уравнения Клейна—Фока—Гордона. Как отмечал сам Фейнман: «Если попытаться построить методом интегрирования по траекториям релятивистскую квантовую механику, то оказывается, что уравнение Клейна—Гордона (Клейна—Фока—Гордона. — Ю. В.) устанавливается легко, но уравнение Дирака непосредственно получить очень трудно»¹⁴. По этой причине Фейнман начинал построение теории с более позднего этапа, т. е. не с интегралов гауссовского вида, а прямо с постулирования пропагатора $\tilde{K}_0(2, 1)$, описывающего свободное распространение спинорной частицы из точки 1 в точку 2, что удовлетворяет неоднородному уравнению Дирака.
3. Важную часть фейнмановской формулировки квантовой теории занимает описание взаимодействий. Для этой цели Фейнман разработал диаграммную технику подсчета эффектов в квантовой электродинамике. Диаграммная техника дает наглядное графическое представление метода последовательных приближений с четкими правилами построения диаграмм, соответствующих тем или иным процессам, и записи по этим диаграммам матричных элементов процессов.

Диаграммы состояются из сплошных фермионных и волнистых фотонных линий, которые соединяются друг с другом в вершинах, соответствующих процессу электромагнитного взаимодействия фермионных частиц. Линии могут быть либо внутренними, т. е. ограниченными вершинами с двух сторон, либо внешними, т. е. начинающимися в вершине и уходящими в «бесконечность». Как для вершин, так и для каждого типа фермионных и фотонных линий имеются свои аналитические выражения, составляющие матричный элемент процесса. В значительной степени именно за эти работы Фейнману в 1965 г. была присуждена Нобелевская премия.

4. Как известно, решения уравнений Дирака описывают состояния как с положительными, так и с отрицательными энергиями. Очевидно, что теория дырок Дирака чужда духу теории прямого межчастичного взаимодействия, так как в последней *нет понятия вакуума*. Поэтому Фейнман

¹⁴ Фейнман Р. Квантовая электродинамика. М.: Мир, 1964.

предложил иную интерпретацию состояний с отрицательной энергией: *они соответствуют античастицам в виде частиц, движущихся в обратном направлении времени.*

Данная интерпретация возникла из гипотезы Уилера о том, что вся материя мира определяется лишь одним электроном, мировая линия которого образует гигантский запутанный клубок. То, что нами наблюдается, представляет собой сечение этого единого клубка. При этом те точки сечения, где линия направлена в будущее, воспринимаются как различные электроны, а где в прошлое — как античастицы (или как частицы противоположного заряда). Как писал Фейнман: «Должен признаться, к его идее о том, что все электроны это всего один электрон, я отнесся менее серьезно, нежели к его идее о том, что позитрон можно представить себе просто-напросто как электрон, возвращающийся из будущего в прошлое по обратным участкам мировых линий. Эту, вторую идею я просто украл!»¹⁵.

Отметим, что эта идея приводит к существенному усложнению квантовой теории в фейнмановской интерпретации. Если в классическом варианте теории Фейнмана подразумевались лишь времени-подобные траектории, направленные в сторону возрастания времени, то в релятивистской квантовой теории необходимо рассматривать также траектории в обратном направлении времени.

4.2.4. Пределы возможностей фейнмановского метода квантования

Фейнмановский метод квантования оказался пригодным для решения весьма ограниченного круга задач. Об этом писал и сам Фейнман: «Что касается применений к квантовой механике, то методу интегралов по траекториям присущи, к сожалению, серьезные недостатки»¹⁶. Перечислим главные из них словами самого Фейнмана.

1. «Очень серьезным ограничением является то, что полуцелый спин электронов не имеет простого и ясного представления в нашем методе. Спин электрона можно ввести, если амплитуды вероятности и все величины рассматривать как кватернионы, а не как обычные комплексные числа; однако возникающая при этом некоммутативность таких чисел — серьезное осложнение»¹⁷. Напомним, что эта трудность осложнила или даже остановила развитие ряда других теорий и программ (например, уилеровскую геометродинамику, геометризацию обычных видов материи в классической геометрофизике, построение единой нелинейной теории поля на базе бозонных полей и т. д.).
2. «Фактически интегрирование по траекториям ни тогда, ни впоследствии не стало удовлетворительным способом устранения расходимостей квантовой электродинамики»¹⁸. Примечательно, что попытка решения этой

¹⁵ Фейнман Р. Нобелевская лекция «Разработка квантовой электродинамики в пространственно-временном аспекте». С. 207.

¹⁶ Фейнман Р., Хибс А. Квантовая механика и интегралы по траекториям. М.: Мир, 1968. С. 377.

¹⁷ Там же. С. 377.

¹⁸ Там же. С. 12.

задачи явилась одним из главных мотивов всей программы построения фейнмановской формулировки квантовой механики. В Нобелевской лекции Фейнман говорил: «Я лично считаю, что теория перенормировки — это просто один из способов заматать под ковер трудности электродинамики, связанные с расходимостью. Но, конечно, у меня нет в этом абсолютной уверенности»¹⁹.

3. «Мысль о том, что заряды не действуют на самих себя, пришлось оставить»²⁰. Это оказалось связанным с тем, что при описании фермионных полей (на основе дополнительных постулатов о фермионных пропагаторах) нужно было вводить линии в обратном направлении времени, соответствующие античастицам (позитронам). А эти линии совместно с электронными линиями образовывали замкнутые петли, ответственные за самодействие. В итоге опять возникают бесконечности, т. е. проявляются прежние трудности квантовой теории поля, однако на ином языке.
4. Оказалась ненужной мысль о «позитроне, как о пятящемся электроны». Такое представление было очень удобным, но, строго говоря, и без него можно было обойтись, ибо оно приводит к тем же самым результатам, что и теория дырок в море отрицательных энергий»²¹.
5. В качестве трудностей в своей формулировке квантовой механики Фейнман называл то, что «результаты не получаются унитарными, т. е. для них сумма вероятностей всех альтернативных вариантов оказывается меньше единицы. <...> Я думаю, что у нас нет совершенно удовлетворительной модели релятивистской квантовой механики, которая согласовалась бы если не с явлениями природы, то по крайней мере с элементарной логикой, требующей, чтобы сумма вероятностей всех альтернатив составляла 100 процентов»²².

К перечисленным недостаткам, названным самим Фейнманом, добавим следующие.

6. Главным дефектом фейнмановской формулировки квантовой механики явилось то, что она не явилась последовательной реляционной теорией, а занимала промежуточное положение между общепринятым теоретико-полевым подходом и реляционной теорией. От реляционного миропонимания заимствован отказ от категории полей переносчиков взаимодействий, а от теоретико-полевого подхода осталось использование самостоятельной категории классического пространства-времени. Фейнмановская формулировка квантовой механики, как нерелятивистской, так и релятивистской, строится на фоне уже заданного плоского пространства-времени. Это отражено даже в названиях работ Фейнмана по этому вопросу. Так, его Нобелевская лекция называлась «Разработка квантовой электродинамики в пространственно-временном аспекте», основополагающая работа по формулировке квантовой механики получила название «Пространственно-временной подход к нерелятивистской

¹⁹ Фейнман Р. Нобелевская лекция «Разработка квантовой электродинамики в пространственно-временном аспекте». С. 228.

²⁰ Там же.

²¹ Там же.

²² Там же.

квантовой механике». Ранее подчеркивалось, что реляционному миропониманию соответствует реляционный же взгляд на природу классического пространства-времени.

7. Можно усмотреть противоречие между приведенным выше объяснением Фейнманом явлений интерференции и дифракции без принципа Гюйгенса (напомним, речь шла об исключении пустых точек, где ничего нет) и его же разработкой квантовой электродинамики в пространственно-временном подходе, т. е. путем суммирования по траекториям через все возможные пустые точки вместо учета влияния всех других тел на результат рассматриваемых процессов.
8. Строго говоря, при разработке диаграммной техники Фейнман в ряде мест отошел от концепции дальнего действия. Напомним, одним из ключевых положений этой концепции является невозможность излучения источником в пустоту без наличия возможного поглотителя, т. е. фотонные линии не могут быть со свободным концом. Они обязательно должны заканчиваться на другой частице.
9. Не преодоленным препятствием для развития идеологии Фейнмана явилась неудача с описанием гравитационного взаимодействия. Во второй книге данной серии рассказывалось об его участии в работе 3-й международной гравитационной конференции и о его выступлении, в котором он пытался развить диаграммную технику для квантовой теории гравитации по образу и подобию квантовой электродинамики. Во второй книге рассказано о его неудовлетворенности этой конференцией и вообще деятельностью коллег в области гравитационной тематики. Приводились даже его слова в письме к жене: «Напомни мне о том, чтобы не ездить больше ни на какие конференции по гравитации!» В течение следующего учебного года (1962/1963) Фейнман в своих лекциях попытался на основе своих позиций навести порядок в этой области теоретической физики. Но этого ему не удалось сделать. Как отмечалось при издании записанных его слушателями лекций²³, он дал разрешение на публикацию лишь первых 16 из прочитанных им 27 лекций. Последними 11 лекциями он сам остался не удовлетворенным.

В итоге он пришел к выводу, что концепция дальнего действия не является необходимой, а для него она фактически лишь послужила «повивальной бабкой» при разработке квантовой электродинамики. Эта ситуация сравнима с той, которая сложилась у Эйнштейна, когда после создания общей теории относительности принцип Маха (концепция дальнего действия), послуживший для него одной из ведущих идей, оказался излишним.

Но, тем не менее, Р. Фейнман не отрекся окончательно от теории прямого межчастичного взаимодействия, рассматривая ее как еще один, дополнительный к теоретико-полевому, взгляд на физическое мироздание. Он писал: «То, что электродинамику можно построить столькими различными способами, — на основе дифференциальных уравнений Максвелла, на основе различных принципов наименьшего действия с полями, на основе различных принципов действия без полей, всеми различными способами, — об этом я знал,

²³ Фейнман Р. Ф., Мариниго Ф. Б., Вагнер У. Г. Фейнмановские лекции по гравитации. М.: Янус-К, 2000. С. 57.

но никогда не понимал этого до конца. Мне всегда казалось странным, что самые фундаментальные законы физики после того, как они уже открыты, все-таки допускают такое невероятное многообразие формулировок, по первому впечатлению неэквивалентных, и все же таких, что после определенных математических манипуляций между ними всегда удается найти взаимосвязь»²⁴.

Исходя из этого, можно понять заключительные слова Нобелевской лекции Фейнмана: «А что же стало со старой теорией, в которую я влюбился еще юношей? Она теперь стала почтенной старой 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»²⁵.

4.3. Теория прямого взаимодействия Ф. Хойла и Дж. Нарликара

После охлаждения интереса Р. Фейнмана к идеям концепции дальнего действия началась активная деятельность в этой же области по другую сторону океана, — в Англии, — по иронии судьбы именно в той стране, где были сделаны работы Фарадея и Максвелла, приблизившие закат во второй половине XIX века работ немецкой физической школы по дальнему действию. Здесь имеется в виду большая серия работ Ф. Хойла и Дж. Нарликара, начатая примерно в 1964 г. Эти авторы, в отличие от Фейнмана, прекрасно знали об идеях Э. Маха, были в курсе результатов Тетроде, Фоккера, а также, конечно, были знакомы с работами Фейнмана и Уилера и фактически продолжали их направление деятельности.

В 1974 г. Хойл и Нарликар издали монографию «Действие на расстоянии в физике и космологии»²⁶, в которой содержится обстоятельное изложение состояния исследований в области теории прямого межчастичного взаимодействия на то время. В частности, в этой книге рассмотрен и ряд эффектов и задач, которые в стандартной квантовой теории поля обычно трактуются с помощью понятия вакуума и его флуктуаций. Было показано, что подобные эффекты, в частности лэмбовский сдвиг, эффект Казимира и другие, успешно могут быть переформулированы в терминах теории прямого взаимодействия через влияние со стороны возможных поглотителей Вселенной.

В эту книгу, не переводившуюся на русский язык, вошли и оригинальные результаты этих исследователей.

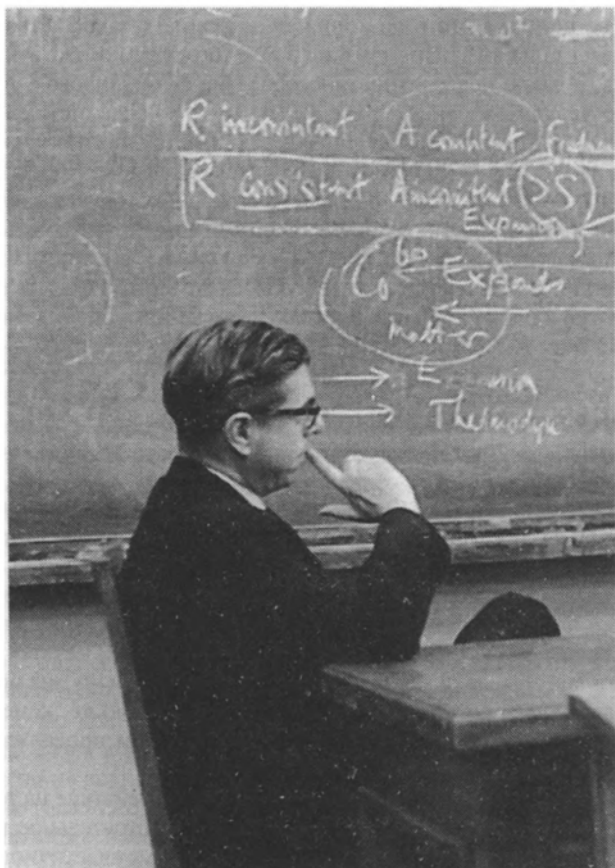
4.3.1. Теория прямого скалярного взаимодействия

В центре внимания авторов данной книги было стремление реализовать принцип Маха, понимаемый как обусловленность масс и инерции тел распределением материи всей окружающей Вселенной. При этом они пытались так

²⁴ Фейнман Р. Нобелевская лекция «Разработка квантовой электродинамики в пространственно-временном аспекте» // Р. Фейнман. Характер физических законов. М.: Мир, 1968. С. 207–208.

²⁵ Там же. С. 231.

²⁶ Hoyle F., Narlikar J. V. Action at a distance in physics and cosmology. San Francisco. W. H. Freeman and Comp., 1974. 266 p.



Ф. Хойл выступает на семинаре Д. Д. Иваненко в МГУ. Фото автора

видоизменить общую теорию относительности, чтобы она полностью соответствовала принципу Маха. Это послужило основанием для названия ими своего варианта теории теорией прямого межчастичного «гравитационного» взаимодействия.

Отправной точки рассуждений послужил анализ второго закона Ньютона, который в пустом пространстве, когда существует лишь одно тело, принимает вид $m\ddot{a} = 0$. Согласно общепринятым представлениям о пространстве-времени, следовало бы положить, что в этом случае $\ddot{a} = 0$, т. е. решением этого уравнения является постоянство скорости тела. Но тогда возникает вопрос: относительно чего тело движется, если кроме него ничего не существует? Ведь в этом случае понятие системы отсчета теряет всякий смысл.

Хойл и Нарликар обратили внимание на то, что имеется иное решение уравнения Ньютона в пустоте, означающее, что $m = 0$. Именно в этом случае ускорение и скорость тела становятся неопределенными. Из этого варианта решения авторы сделали следующий вывод: «Оно означает отказ от ньюто-

новской концепции, что инерция есть свойство материи, а масса — ее мера. Так или иначе, m теперь должна зависеть от фона таким образом, чтобы она обращалась в нуль при отсутствии фона, Это точка зрения Маха»²⁷.

Хойл и Нарликар начали строить теорию в духе принципа Фоккера, где масса любого тела определяется суммой вкладов от всех других тел Вселенной. На языке формул это означает запись действия фоккеровского типа, где вместо скоростей стоят некие скалярные факторы, тогда как пропагатор имеет тот же вид, что и в вариантах Фейнмана и других авторов. В случае плоского пространства-времени это будет дираковская дельта-функция, приводящая к запаздывающим и опережающим воздействиям.

В плоском пространстве-времени такую теорию развить несложно. Это приводит к теории прямого межчастичного скалярного взаимодействия на плоском фоне. Применяя вариационный принцип к действию фоккеровского типа, легко получить уравнение движения частицы с переменной массой, зависящей от распределения окружающей материи.

При желании вместо прямого скалярного взаимодействия частиц можно ввести как бы промежуточное скалярное поле, переносящее взаимодействие. Однако, как и в случае теории Фоккера—Фейнмана, оно будет иметь вторичный, зависящий от распределения частиц характер. Для этого поля можно записать «уравнение поля», которое теперь будет являться тождеством, следующим из определения скалярного потенциала. Оно по виду совпадает с уравнением Клейна—Фока—Гордона с источниками.

Но авторам, стремившимся получить видоизмененные уравнения Эйнштейна, этого было недостаточно, и для этой цели они предложили использовать обобщенную функцию Грина, уравнение для которой записывается в искривленном пространстве-времени. Это означает, что в уравнение для него входит как метрика искривленного пространства-времени, так и сама скалярная кривизна с коэффициентом $-1/6$. Они постулировали конформную инвариантность теории, означающую, что ее уравнения не меняются при изменении метрического тензора $g_{\mu\nu} \rightarrow \exp(2\sigma)g_{\mu\nu}$, где σ — некая скалярная функция координат.

Если применить вариационный принцип к записанному Хойлем и Нарликаром действию и при этом еще предположить необходимость варьирования по компонентам метрического тензора, то получается совокупность уравнений, содержащих в себе знакомые выражения из левой части уравнений Эйнштейна. Существенным отличием является то, что эти выражения возникают с множителем, зависящим от масс частиц. Если нет частиц, то и уравнения теряют смысл.

4.3.2. Критические замечания к теории Хойла и Нарликара

Сделаем ряд критических замечаний к развивавшемуся варианту теории Хойла и Нарликара.

1. Данная теория продолжает линию исследований Р. Фейнмана в том плане, что она строится на фоне уже существующего пространства-времени.

²⁷ Нарликар Дж. Инерция и космология в теории относительности Эйнштейна // Астрофизика, кванты и теория относительности. М.: Мир, 1982. С. 504.

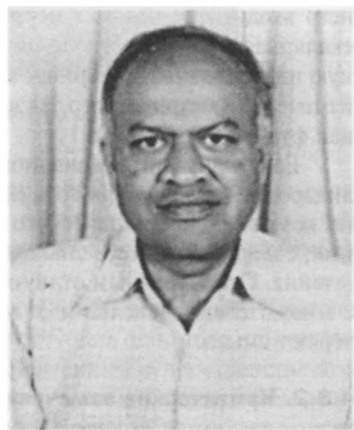
Как уже отмечалось, это является серьезным отступлением от принципов реляционной парадигмы. Теория неизбежно принимает эклектический характер: пространство-время фактически имеет субстанциальную природу, тогда как взаимодействие строится в рамках концепции дальнего действия.

2. Другим серьезным недостатком является тот факт, что предложенная авторами теория под названием «теория прямого гравитационного взаимодействия» таковой не является. Была предложена *теория прямого скалярного, а не гравитационного взаимодействия* фоккеровского типа. В ней гравитация вводится как инородный к концепции дальнего действия элемент вместе с заложенным в основание теории пространственно-временным фоном. В дополнение к теориям Фоккера и Фейнмана еще сделаны предположения, во-первых, об искривленном характере этого фона и, во-вторых, о зависимости искривления от рассматриваемого авторами скалярного поля.
3. В целом получившаяся теория имеет не реляционный характер, а фактически является вариантом теории поля, которая строится не с задания полевых уравнений и лагранжианов теории, а с постулирования уравнения для функции Грина. В теории поля функцию Грина можно найти из уравнений поля, а в теории Хойла и Нарликара осуществлена обратная процедура. На полевой характер этой теории указывал ряд авторов, в частности Дезер и Пирани²⁸.

Отметим, что к варианту теории Хойла и Нарликара можно прийти, исходя из скалярно-тензорной теории гравитации, развивавшейся рядом авторов. Кроме того, подобную теорию можно построить, произведя в теории Эйнштейна конформное преобразование метрики. Тогда скалярный фактор будет играть роль скалярного поля, которое данные авторы стремились ввести на основе соображений (лишь мотивировки) концепции дальнего действия.

4. Следует отметить, что Хойл и Нарликар на основе своей теории пытались построить новую космологию. Ряд авторов обратил внимание на несоответствие их модели наблюдаемым данным.

Автору посчастливилось увидеть и послушать выступление Хойла по материалам его совместных с Нарликаром работ в МГУ на семинаре профессора Д. Д. Иваненко. Излагая достаточно необычные для того времени взгляды, Хойл, как мне тогда показалось, говорил без особого энтузиазма. А после своего доклада, во время разговора в кабинете Иваненко,



Дж. Нарликар

²⁸ Deser S., Pirani F. A. Critique of new theory of gravitation // Proc. Roy. Soc., 1965. Vol. A288. P. 133–145.



Д. Д. Иваненко и Ф. Хойл после семинара теоретической физики, на котором выступал Ф. Хойл. Фото автора

он почему-то позиционировал себя не как физика-теоретика, а как писателя-фантаста.

Дело в том, что к тому времени уже была опубликована и переведена на русский язык его научно-фантастическая повесть «Черное облако», в которой описывался внеземной разум в виде черного облака, использовавшего наше Солнце для подзарядки энергией. В частности, был затронут вопрос о том, что может случиться в результате попыток получения информации от представителей значительно более высокой цивилизации: земной контакт сошел с ума, пытаясь осмыслить полученные от облака сведения.

109

4.4. Реляционная парадигма и метод S-матрицы

Как известно, становление и развитие теоретико-полевой парадигмы было обусловлено открытием закономерностей квантовой теории. Две другие парадигмы развивались в связи с соображениями другого рода, и так оказалось, что в них главными трудностями явилась необходимость учета закономерностей квантовой теории поля. Одним из главных препятствий в построении геометрической картины мира (парадигмы) явилась неудача в решении проблемы квантования гравитации, которую в самом широком смысле следует понимать как совмещение принципов ОТО и квантовой теории поля (см. 2-ю и 3-ю книги этой серии). Аналогичные трудности вставали и перед исследователями в рамках реляционной парадигмы. Именно по этой причине вынужден был сдавать свои реляционные позиции Я. И. Френкель; под напором трудностей с расхождением в реляционном варианте квантования охладил к своим первоначальным замыслам Р. Фейнман. Аналогичные проблемы вставали и перед другими авторами. Как известно, современная формулировка квантовой теории поля нуждается в априорном задании классического пространства-времени, без которого понятие поля теряет всякий смысл.

Однако в недрах квантовой теории микромира можно усмотреть развитие идей, вполне соответствующих идеологии реляционной парадигмы. Здесь

имеется в виду становление и развитие метода S -матрицы. Идея S -матричного подхода к квантовой теории была выдвинута Дж. Уилером и В. Гейзенбергом и затем в 60-х годах на ее основе была развита теория S -матрицы, на которую в то время возлагались большие надежды.

4.4.1. Реляционная сущность метода S -матрицы

Ключевыми понятиями квантовой механики и теории поля являются, как известно, понятия состояния и амплитуды вероятности переходов между состояниями квантовых систем. В 60-х годах много внимания уделялось построению аксиоматик квантовой теории, в которых эти понятия получили строгую математическую формулировку. Одна из первых аксиоматик была предложена П. А. М. Дираком²⁹. В ней и в последующих были использованы понятия и методы теории гильбертова пространства и его обобщений, где ключевой характер имеют аксиомы векторных пространств, характеризующие свойства состояний квантовых систем, и аксиомы скалярных произведений, из которых строятся амплитуды вероятности переходов. Последние представляют собой своеобразную метрику, характеризующую отношения между возможными состояниями квантовых систем.

Несмотря на то что в основе квантовой механики лежат дифференциальные волновые уравнения, которые якобы описывают непрерывную эволюцию квантовых систем, на самом деле физическим смыслом обладают лишь вероятности перехода из одного (начального) состояния системы в другое (конечное) состояние. Таковыми являются вероятности переходов атомов из одного состояния в другое посредством излучения или поглощения электромагнитных квантов или обнаружения фотонов или частиц в том или ином месте экрана и т. д. Строго говоря, при решении задач квантовой механики рассмотрение промежуточных положений в эволюции системы теряет физический (наблюдаемый) смысл. Важен лишь результат, — вероятность перехода, вычисляемая квадратично через амплитуды, — а это и означает реляционный характер эволюции: задание отношений между состояниями.

Дирак в своем варианте аксиоматики квантовой механики ввел, наряду с пространством векторов состояний, еще пространство со-векторов состояний, так что метрика (скалярное произведение) определяется для пары элементов (вектора и со-вектора) из двух разных пространств. Эта идеология послужила основой для построения сначала гейзенберговской матричной формулировки квантовой механики, опирающейся на понятие матрицы элементов (векторов состояний) и амплитуд вероятности переходов между всеми возможными парами векторов (начальных состояний) и со-векторов (конечных состояний) квантовой системы, а затем для построения так называемой *теории S -матрицы* в квантовой теории поля.

В S -матричной формулировке квантовой теории поля определяются начальные состояния $\Phi(s)_{-\infty}$ (на минус-бесконечности) и конечные состояния системы $\Phi(r)_{+\infty}$ (на плюс-бесконечности) и, игнорируя даже постановку вопроса о промежуточных состояниях, из самых общих принципов стремятся вывести амплитуды вероятности переходов $S(s, r)$ между парами возможных состояний, характеризующихся некоторыми обобщенными параметрами s и r .

²⁹ Дирак П. А. М. Принципы квантовой механики. М.: Физматгиз, 1960.

Очевидно, что в такой теории элементы S-матрицы также можно трактовать как метрику (скалярные произведения) между элементами (векторами) двух множеств.

В большинстве работ по квантовой теории поля S-матрица вводилась как вторичное понятие, исходя из действия или лагранжианов теории поля. Однако рядом исследователей был избран иной путь: предлагалось так переформулировать квантовую теорию, чтобы столь естественное для реляционного миропонимания понятие S-матрицы стало исходным, тогда как более привычные понятия, — волновые функции, уравнения, лагранжианы и другие, — оказались вторичными, вспомогательными. В конце 60-х годов дело доходило до того, что было признаком дурного тона начинать с написания лагранжианов, — следовало исходить из идеологии S-матричного подхода.

Известно, что практически всегда одну аксиоматику можно заменить на иную так, что некоторые теоремы первой становятся аксиомами второй. Тогда аксиомы первой станут теоремами второй, однако в данном случае речь шла не о простом переопределении первичных и вторичных понятий, а фактически предлагалось значительно большее — переход к иной парадигме.

В общепринятой квантовой теории приходится выходить за пределы гильбертова пространства: для ряда процессов некоторые элементы S-матрицы получаются бесконечно большими. В S-матричном же подходе предлагалось исходить из выражений лишь с *конечными значениями* матричных элементов, непосредственно связанными с измеряемыми величинами. Этот ход мысли заставлял пересмотреть ряд положений существующей теории.

Формулировка квантовой теории на основе S-матричного подхода заставила физиков приблизиться к некоторым положениям физики (метафизики) Аристотеля, который определял движение как переход из некоторого начального состояния в другое, конечное. При этом он утверждал, что два состояния определяются в возможности, тогда как должно быть нечто третье, связывающее две противоположности и тем самым определяющее действительность в виде перехода. На это соответствие принципов квантовой теории в S-матричной формулировке с идеями Аристотеля неоднократно обращал внимание один из создателей квантовой механики В. Гейзенберг.

В те годы перед физиками-теоретиками остро встала задача поиска принципов, позволяющие, исходя из идеологии S-матричного подхода, развернуть содержательную теорию, соответствующую известной физике. В 60-х годах для этой цели в теории S-матрицы были использованы принципы лоренцевской инвариантности, аналитичности, причинности и другие. Очевидно, что это означало введение дополнительных аксиом, соответствующих 4-мерию физического мира, его сигнатуре и ряду других его свойств.

4.4.2. S-матрица и классическое пространство-время

Главные надежды возлагались на *свойства аналитичности* S-матрицы. Предлагалось перейти к комплексным значениям энергий. Тогда интегрирования производились в комплексной плоскости и важную роль приобретали методы анализа комплексных переменных с вычетами, правилами обхода полюсов и т. д. В этом подходе частицы и их характеристики описывались полюсами в комплексной плоскости. Так, в первой половине 60-х годов Дж. Чью писал: «С новой точки зрения S-матрица представляется идеально подходящим ин-

струментом для отыскания ключа к микромиру. Более того, по всей видимости, этот ключ уже найден — он содержится в аналитичности элементов S -матрицы как функций импульсов входящих и выходящих частиц»³⁰.

Некоторые исследователи S -матричного подхода пришли к ряду принципиальных выводов, чрезвычайно важных для всего реляционного миропонимания. Из них выделим два: об отношении к классическому пространству-времени в физике микромира и о роли микроприбора.

1. Дж. Чью, активный исследователь квантовой теории поля середины XX века, в своей работе с характерным названием «Сомнительная роль пространственно-временного континуума в микроскопической физике» писал: «Как только аналитичность полагается базисным принципом, из нее вытекает невероятное число следствий. Стапп показал, что все общие симметрии, до этого следовавшие из теории поля, могут быть выведены из аналитичности. Более того, предписания, которые составляют квантовую электродинамику, также могут быть выведены. Фактически, *все* предсказательные возможности, даваемые теорией поля, могут быть воспроизведены аналитической S -матрицей без какого-либо упоминания пространства-времени или полей. Это положение было впервые высказано Гелл-Манном в 1956 г. и проверено большой серией последующих исследований, проведенных такими авторами, как Голдбергер, Лоу, Мандельстам, Нишиджима, Ландау, Кутковский, Фройссат, Стапп, Полкингорн и Гунсон. И это достижение является только началом»³¹.

В этой статье фактически был поднят чрезвычайно важный концептуальный вопрос о приоритете координатного или импульсного пространства в физике микромира. Известно, что уже в рамках классической аналитической механики проявились поразительные аналогии между координатным и импульсным описаниями. Например, это имеет место в канонических уравнениях Гамильтона, в классических скобках Пуассона и в других положениях классической механики. Еще большая аналогия и симметрия координат и импульсов проявилась в квантовой механике и в квантовой теории поля: в соотношениях неопределенностей, в перестановочных соотношениях, в эквивалентности координатного и импульсного представлений и т. д. Этот факт даже заставил некоторых видных физиков-теоретиков поставить вопрос о том, что в физике следует считать более фундаментальным (первичным): координаты (координатное пространство-время) или импульсы (импульсное пространство)?

Из статьи Чью следует, что он, выступая за первичный характер импульсного пространства в физике микромира, описываемой на основе S -матричного подхода, пришел к важному выводу: «концепция пространства и времени играет в современной физике микромира роль, аналогичную той, что играл эфир в физике XIX века»³².

2. Другой активный приверженец теории S -матрицы Ф. Дайсон, обсуждая трудности с расходимостями в математическом аппарате квантовой теории

³⁰ Чью Дж. Аналитическая теория S -матрицы. М.: Мир, 1968.

³¹ Chew G. F. The dubious role of the space-time continuum in microscopic physics // Science Progress. 1963. Vol. LI. № 204. P. 535.

³² Ibid. P. 529.

поля, писал: «Можно истолковывать различие между содержащим расходимости гамильтоновым формализмом и формализмом с конечной S-матрицей как различие между двумя картинами мира, рассматриваемого двумя наблюдателями, которые имеют в своем распоряжении различные измерительные приборы. Первую картину, представляющую собой набор квантованных полей с локализованными взаимодействиями, видит воображаемый наблюдатель, аппараты которого не имеют атомной структуры и точность измерений которого ограничивается только существованием фундаментальных постоянных c и $\hbar$. Такой наблюдатель будет называться в последующем „идеальным“. Вторую картину, представляющую собой набор наблюдаемых величин (по терминологии Гейзенберга), видит реальный наблюдатель, аппараты которого состоят из атомов и элементарных частиц и точность измерений которого ограничивается не только постоянными c и $\hbar$, но также такими постоянными, как α и m . Реальный наблюдатель выполняет спектроскопические наблюдения и производит эксперименты, включающие бомбардировку атомных систем различными типами взаимодействующих субатомных снарядов, однако он, насколько нам сейчас известно, никак не может измерить напряженностей отдельного поля, не возмущенного в результате взаимодействия этого поля с другим полем. Идеальный наблюдатель, используя свои аппараты так, как это было описано при анализе гамильтонова формализма Бором и Розенфельдом, производит, наоборот, измерения как раз последнего рода, и именно в связи с такими измерениями интерпретируются перестановочные соотношения для полей... Парадокс заключается в действительности в том, что в настоящей статье (в статье Дайсона. — Ю. В.) при выводе конечных выражений приходится исходить из бесконечных выражений. Соответственно этому следует ожидать, что будущая теория будет представлять собой не столько изменение настоящей теории в сторону замены всех бесконечных величин на конечные, сколько такую перестановку отдельных частей теории, после которой конечные величины станут первичными, а бесконечные — вторичными. <...> Гамильтонов формализм должен выступать как предельная форма описания мира, рассматриваемого наблюдателем определенного типа; при этом данный предел достигается тогда, когда допустимая для наблюдателя точность измерений стремится к бесконечности»³³.

Это высказывание Дайсона заставляет задуматься об описании макробиора в будущей теории.

Исходя из ряда предварительных успехов теории S-матрицы, Чью задается вопросом: «Почему же тогда не наблюдается панического бегства физиков от теории поля и пространства-времени в распростертые объятия аналитической теории S-матрицы?» Чью объяснял это консерватизмом физиков и привычкой описывать динамику посредством уравнений поля, выражая уверенность в том, что это временное явление: «Физика двадцатого столетия уже испытала две живительные революции — в виде теории относительности и квантовой механики. Сейчас мы стоим на пороге третьей»³⁴.

³³ Дайсон Ф. S-матрица в квантовой электродинамике // Новейшее развитие квантовой электродинамики. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1954. С. 237.

³⁴ Там же. С. 539.

Данная статья была написана в середине XX века, но физика в двадцатом столетии так и не переступила порог третьей революции. Время показало, что принцип аналитичности S -матрицы оказался не столь фундаментальным, чтобы поднять физику на принципиально новый уровень, открывающийся при переходе к монистической парадигме. Однако это не умаляет роль S -матрицы в квантовой физике, но предстояло искать ее иные ключевые свойства, действительно имеющие фундаментальный характер.

Реляционная парадигма в отечественных исследованиях

*Новое надобно созидать в поте лица, а старое само
продолжает существовать и твердо держаться
на костылях привычки¹.*

А. И. Герцен

Несмотря на периодические отступления сторонников концепции дальнодействия эти идеи вновь раз за разом возрождались в разных странах. В 60–80-х годах реляционные исследования осуществлялись в нескольких отечественных центрах, оставаясь, однако, на периферии внимания широкой научной общественности. Тем не менее, в этой области фундаментальной теоретической физики были высказаны интересные соображения и получены новые результаты. Здесь следует назвать работы Г. В. Рязанова (Москва), А. А. Пантюшина и Я. И. Грановского (Алма-Ата), К. А. Пирагаса (Киев), а также наши совместные с А. Ю. Турыгиным работы 70-х годов (Москва, МГУ).

5.1. «Путь к новым смыслам» Г. В. Рязанова

Среди отечественных физиков-теоретиков 70–90-х годов наиболее стойким и последовательным сторонником теории прямого межчастичного взаимодействия (типа Фоккера—Фейнмана) был Георгий Васильевич Рязанов. Высказанные им идеи и результаты изложены в его монографии «Путь к новым смыслам»². В этой книге представлен максимально широкий взгляд автора на мир, содержащий, кроме собственно физических идей, его философские, религиозные и даже мистические размышления. Здесь мы ограничимся лишь анализом его физических позиций.

Прежде всего, выделим в исследованиях Рязанова три наиболее существенные составляющие:

1. Критический анализ работ Р. Фейнмана и Дж. Уилера по теории прямого электромагнитного взаимодействия.
2. Разработка своего варианта обобщения теории Фейнмана—Уилера.
3. Гипотезы о содержании теории будущего (о прафизике).

¹ Цит. по: Валкогонова О. Д. Приоткрывая завесу времени. М.: Изд-во полит. лит-ры, 1989. С. 84.

² Рязанов Г. В. Путь к новым смыслам. М.: Гнозис, 1993.

5.1.1. Критический анализ теории Фейнмана—Уилера

Рязанов, признавая неоспоримость достижений своих предшественников, называл разработанную ими теорию «слабой формой» искомых представлений. Он писал: «Но и в той слабой форме, в которой Вселенная участвует в расчетах Уилера и Фейнмана (обеспечивает переход от теории с симметрично присутствовавшими опережающими и запаздывающими воздействиями к варианту с удвоенными лишь запаздывающими воздействиями. — Ю. В.), ее новая роль в корне меняет устоявшиеся физические представления. Кому и когда приходило в голову при расчете локальных событий учитывать далекие звезды? То есть два необычных факта: симметрия запаздывания и опережения и участие всей Вселенной в локальной динамике, комбинируясь, дают обычную физику. Структура физики несколько усложнилась, но это компенсируется удовольствием от „подвешивания“ такого фундаментального обстоятельства, как однонаправленность электромагнитного времени. Для (второго. — Ю. В.) вывода важно, что мы имеем дело именно с поглощающей Вселенной. Учет поглощения требует перехода к статистическому описанию. <...>

Еще одно странное обстоятельство, связанное с гипотезой Уилера—Фейнмана, демонстрируется выражением для реакции Вселенной: эта реакция имеет вид интеграла по всей Вселенной, но тем не менее не зависит от свойств Вселенной. Отсюда Уилер и Фейнман заключили, что детальный расчет не обязателен и достаточно доказать общую теорему, любая абсолютно поглощающая Вселенная осуществляет указанный переход, если за границами Вселенной нет опережающих волн³.

Характерно замечание Рязанова о том, что намеченная перестройка физики осуществлялась Фейнманом, тогда как «Уилер же, часто выступавший в последнее время с обзором своих основных идей, ничего не говорит» об основополагающей работе 1945 г. с Фейнманом. В какой-то степени это так, однако все же в некоторых своих работах и в частных беседах у Уилера проскальзывали высказывания, соответствующие концепции дальнего действия. В частности, это проявилось в его знаменитой фразе, написанной на стене кафедры теоретической физики в МГУ.

Изложив суть работ Фейнмана и Уилера, Рязанов высказал ряд критических замечаний. Приведем их полностью.

- «а) Не учитываются различия в показателе преломления для запаздывающих волн в случае движущейся среды. — В действительности показатели преломления различаются знаком скорости.
- б) Считается, что замена опережающих волн на запаздывающие не меняет свойств электрона. — Это не так, ибо электрон держится реакцией вселенной, зависящей от электромагнетизма.
- в) Не ясен характер взаимодействия запаздывающих и опережающих волн с поглощающей средой.
- г) В условиях расширяющейся вселенной из-за предположения о равенстве показателей преломления для двух типов волн теряется наиболее интересное решение. — В нем вся физика.

³ Рязанов Г. В. Путь к новым смыслам. С. 134.

- д) Начальный (до учета вселенной) симметричный мир совершенно непонятен. — Могут ли в нем существовать какие-либо величины?
- е) Полная компенсация (зануление) наблюдаемого опережающего поля представляется сомнительной. — Ведь расчет использует разнообразные идеализации»⁴.

Заметим, что последнее возражение высказывалось и рядом других авторов. В частности, Хогартом были предприняты конкретные эксперименты по обнаружению возможного зазора между вкладами запаздывающих и опережающих воздействий, т. е. был предпринят экспериментальный поиск проявлений опережающих воздействий.

5.1.2. Теория прямого межчастичного взаимодействия Рязанова

Г. В. Рязановым была предпринята попытка построения теории, свободной от перечисленных выше недостатков в подходе Фейнмана и Уилера. В этом отношении обращает на себя внимание его стихотворение, с которого начинается Предисловие к книге:

«Здесь радость открытий, но пропуск туда —
Страдание поиска, проза труда,
Осмысленность действий, осмысленность места,
Естественность каждого слова и жеста
В глубинах традиций, — и абсолютный отказ,
И абсолютный риск, — это первый и это последний раз.

И лишь на последнем шаге последней супернауки
Увидишь Творца и увидишь его надежные руки.
Здесь будем смеяться и плакать, играя мирами,
Но эти последние смыслы невыразимы словами.

И на последней странице в последний ответ заглянуть
Нельзя, — кто сможет меняться, тот сможет пройти этот путь.
Но если все же найдется где-то какой-то чудак
Решится и загорится, то путь его выглядит так:...»

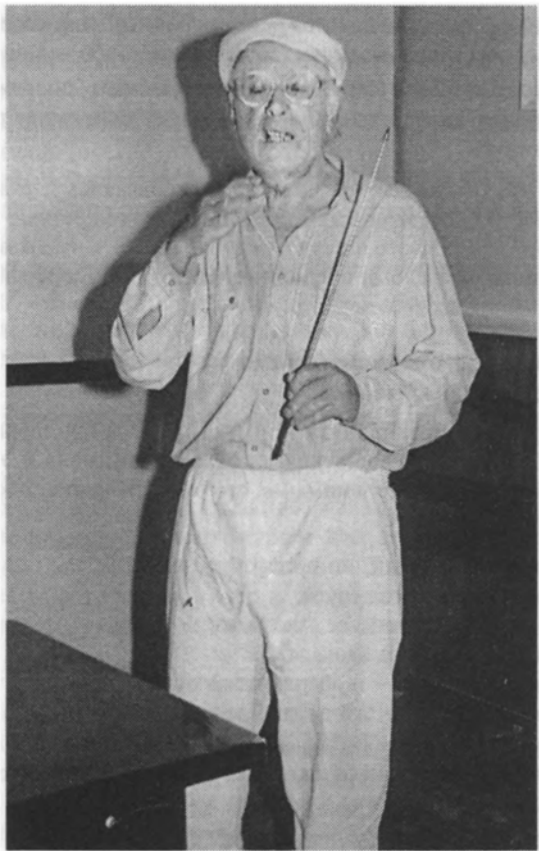
И далее излагаются его взгляды на мир в целом и на физическую картину мира, в частности.

Суть теории Рязанова состояла не в удвоении видов взаимодействий на запаздывающие и опережающие, как это было у Фейнмана и Уилера, а в их «учетверении», т. е. в использовании следующих четырех видов взаимодействий: запаздывающих причинных, опережающих причинных, запаздывающих антипричинных, опережающих антипричинных, которые должным образом скоррелированы друг с другом.

Перечислим несколько характерных черт этой теории, существенно отличающейся от варианта теории Фейнмана и Уилера.

1. В теории Рязанова устранение опережающих воздействий со стороны всей Вселенной осуществляется не взаимной компенсацией двух видов

⁴ Рязанов Г. В. Путь к новым смыслам. С. 142.



Г. В. Рязанов выступает на конференции по основаниям физики в Ярославле. Фото автора

воздействий в статическом мире, а посредством учета расширения Вселенной. «Если повторить расчет реакции среды для реальной расширяющейся вселенной и учесть ряд факторов, о которых Уилер и Фейнман не писали, то обнаружим, что при некоторой частоте ω_0 радиационное трение, как и любое поглощение (в частности, стенками банки), обращается в нуль, и локальная физика действительно будет определяться свойствами вселенной в целом. Эти события разыгрываются в узкой полосе частот $\delta\omega/\omega \simeq 10^{-40}$, но именно они порождают квантовую механику и тяготение, задают величину физических констант. Таким образом, в 1945 г. Уилер и Фейнман прошли в двух шагах от райского сада и не заметили его»⁵.

2. Рязанов обращает внимание на то, что одной из причин, остановивших развитие Фейнманом квантовой электродинамики на базе концепции

⁵ Рязанов Г. В. Путь к новым смыслам. С. 134.

дальнодействия, явилось наличие в его теории частиц, движущихся в обратном направлении времени. В теории Рязанова такие пути отсутствуют: «Поэтому я считаю большим достижением своей теории отсутствие путей, обратных во времени в физике, которая возникает из прафизики с двумя знаками времени в результате фазового перехода»⁶.

3. В теории Рязанова предпринята попытка вывода квантовой механики на основе учета отклика Вселенной. В частности он отмечал, что «устойчивыми состояниями движения электрона оказываются круговые орбиты с частотой, близкой к комптоновской частоте. Для электрона во внешнем поле, скажем, для электрона в атоме водорода, разрешенными оказываются лишь дискретные уровни энергии, удовлетворяющие условию квантования Бора. Определив отсюда величину постоянной Планка, получим значение, близкое к экспериментальному»⁷.

Подчеркнем, что в работах Р. Фейнмана предлагался совершенно иной путь интерпретации квантовой механики на основе суммирования возможных траекторий частиц в готовом плоском пространстве-времени.

4. В теории Фейнмана и Уилера предполагается бесконечное число частиц окружающей Вселенной, тогда как в теории Рязанова существенным допущением является конечность числа частиц N . Это позволило Рязанову вывести формулы для значений массы электрона m , постоянной Планка $\hbar$ и гравитационной постоянной α и некоторых других констант через число частиц во Вселенной N и ее радиус R :

$$m = \frac{e^2 N^{1/2}}{R}; \quad \hbar = \frac{e^2 \ln N}{2}; \quad \alpha = \frac{R^2}{e^2 N^{3/2} \ln N}.$$

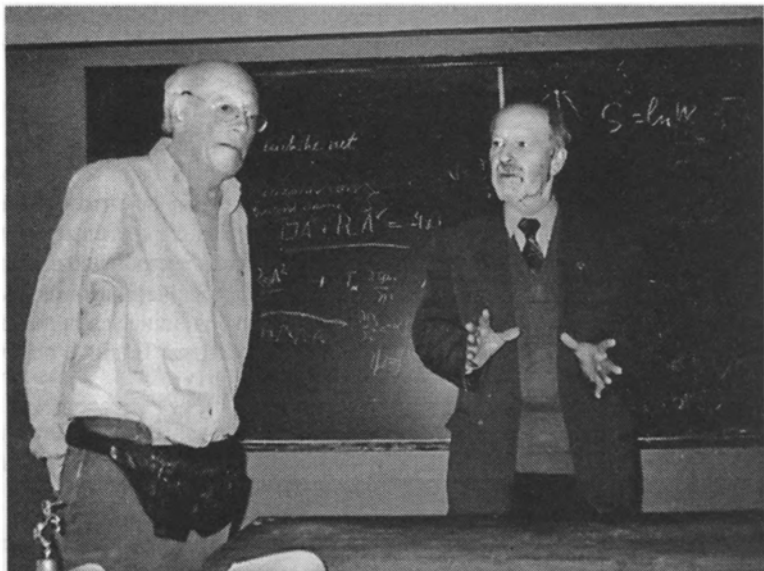
Обратим внимание на представление массы через квадрат электрического заряда e .

5. Рязанов полагает, что «вся физика могла быть выведена из лагранжиана взаимодействия для электромагнитного поля, взаимодействующего с электроном $eA_\mu u^\nu$ или из любого из фундаментальных взаимодействий. Как было доказано выше, в этой новой физике квантовая механика и гравитация порождаются расширением Вселенной. Это означает, что любое движение любой частицы влияет на квантовую механику и гравитацию (как в случае расширения Вселенной) и мы имеем в силу этого много новых интересных эффектов»⁸.
6. Особое внимание обращает на себя высказывание Рязанова о природе гравитации в его теории: «Петли во времени для фотонов дают для заряженных частиц дополнительное взаимодействие, которое по величине и по зависимости от расстояния совпадает с тяготением.

⁶ Рязанов Г. В. Путь к новым смыслам. С. 135.

⁷ Рязанов Г. В. Неожиданные следствия из дальнодействия в электродинамике // Тезисы докладов 1-й Ионовской школы-семинара по основаниям теории физического пространства-времени (Ярославль). М.: Изд-во физфака МГУ, 1995. С. 40.

⁸ Рязанов Г. В. Путь к новым смыслам. С. 160–161.



Г. В. Рязанов и Ю. С. Владимиров на семинаре
«Геометрия и физика» в МГУ. Фото Б. Г. Алиева

120

Условия согласования (одинаковость частиц) дают уравнения для метрики, уравнения для пространственных симметрий и уравнения для преобразований, описывающих переходы в движущуюся систему отсчета. Они оказываются отличными от преобразований Лоренца в случае скоростей, очень близких к скорости света»⁹.

7. Примечательно, что Рязанов пытался объяснить спинорность элементарных частиц: «Как показывает расчет стационарной траектории свободной частицы, частица в процессе движения по окружности (без трения) переходит (с той же частотой) в другое пространство (из четырех упомянутых выше вселенных) — в итоге, истинное пространство частицы оказывается вдвое больше, т. е. возвращение к начальному состоянию происходит лишь после двойного обхода нашего пространства. То есть объясняется происхождение полуцелых представлений»¹⁰.

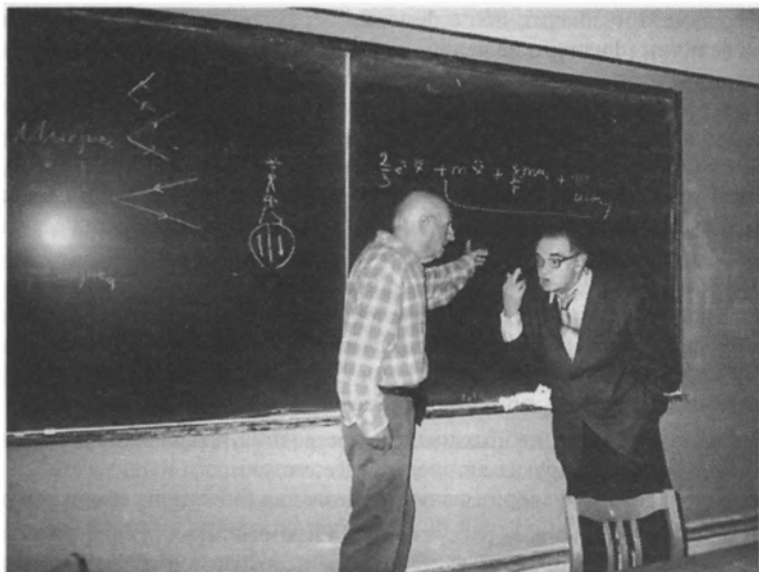
5.1.3. Представления Рязанова об искомой реляционной графизике

Более полное описание теории Рязанова представляется достаточно затруднительным в силу ряда специфических особенностей изложения, которые сам автор объяснял следующим образом:

- «а) Приходится использовать некоторые закономерности (ранее неизвестные) глобальной эволюции.

⁹ Рязанов Г. В. Неожиданные следствия из дальнего действия в электродинамике. С. 40.

¹⁰ Там же. С. 40.



Г. В. Рязанов и В. Д. Захаров дискутируют после выступления Рязанова на семинаре в МГУ. Фото Б. Г. Алиева

- б) Используются механизмы связи разных сфер жизни.
- в) Используется специальный синкретический язык.
- г) Используется специальная процедура немотивированных расчетов и проигрываний»¹¹.

121

Желающим более подробно разобраться в теории Рязанова можно порекомендовать обратиться к его оригинальным работам¹². Здесь же приведем некоторые его высказывания о характерных чертах теории будущего, которую он назвал «прафизикой».

«Наше пространство-время возникает как нарушение симметрии в некоей прафизике. — Никакие парадоксальные ситуации здесь появиться не могут (они запрещены условиями согласования, участвующими в расчете фазового перехода), а если нынешняя физика в каких-то случаях их предсказывает, то это означает лишь, что в этих случаях необходимо обращаться к прафизике и заново проводить вывод нашей физики»¹³.

«Хорошая теория должна строиться без каких-либо отсылок к опыту, должна автоматически обращаться к своим основаниям, должна порождать сомнения относительно своих оснований. Это означает, в частности, что хорошая физика должна отвечать и на вопрос „зачем физика?“ А главное — вблизи границ физики выявится и станет значимой прафизика, которая до сих пор была задавлена реакцией вселенной. <...> Успех в выводе нашей физики, сам

¹¹ Рязанов Г. В. Путь к новым смыслам. С. 142.

¹² См. указанную выше книгу и процитированные его статьи.

¹³ Рязанов Г. В. Путь к новым смыслам. С. 135.

по себе, ничего не значит, ибо в фазовых переходах поведение макроскопических величин (физические величины возникают как параметры нарушений симметрии) слабо зависит от свойств микросреды. На границах же физики характер прафизики важен, и потому все дальнейшее изложение я посвящаю описанию методик восстановления прафизики. Но и уже описанный выше ход мысли и все находки, связанные с ролью двух знаков времени, важны для меня прежде всего своим „нездешним светом“, т. е. я увидел здесь замечательный способ „подвешивания“ (т. е. перевода в некое неопределенное состояние) всего нашего знания»¹⁴.

Несмотря на целый ряд расхождений с положениями теории Рязанова, которые неоднократно обсуждались в наших частных беседах и во время семинаров, считаю его соображения чрезвычайно интересными, предвосхищающими содержание искомой реляционной картины мира. Выделю наиболее существенные моменты, по которым я всецело разделяю его позицию.

1. Рязанов говорил о необходимости построения прафизики, что соответствует в работах других авторов предгеометрии, а в наших работах первооснова искомой теории получила название бинарной геометрофизики.
2. Ключевую роль во всех рассуждениях Рязанова играл отклик со стороны всей Вселенной, т. е. он настаивал на необходимости учета принципа Маха.
3. Рязанов утверждал, что закономерности атома (устойчивость квантованных орбит электрона) определяются влиянием материи всей окружающей Вселенной, т. е. квантование атомных орбит является одним из проявлений принципа Маха.
4. В мировоззрении Рязанова гравитация имеет не самостоятельный а фактически производный от электромагнетизма характер. Отметим, что в выписанной выше формуле масса электрона выражается через квадрат электрического заряда. Аналогичная формула возникает и в геометрофизике.

5.1.4. Штрихи к портрету Г. В. Рязанова

Георгий Васильевич Рязанов (1930 г. рождения) был сыном дважды Героя Советского Союза генерал-лейтенанта Василия Георгиевича Рязанова (1901–1951 гг.), командовавшего во время Великой Отечественной войны 1-м гвардейским авиакорпусом штурмовой авиации. О его фронтовом пути и боевых заслугах написана книга¹⁵. До войны он преподавал в Военно-воздушной академии имени Н. Е. Жуковского, кстати, в те годы, когда там учился и мой отец, также впоследствии ставший генерал-майором авиации. Старшего Рязанова отличал аналитический склад ума и обстоятельный подход к решению проблем. В частности, Верховным Главнокомандующим ему было поручено выработать тактику массированного применения штурмовой авиации, с которой он успешно справился в ходе боевых действий своего авиакорпуса. Эти качества отца в полной мере унаследовал и его сын, исследуя фундаментальные проблемы теории пространства-времени и физических взаимодействий.

¹⁴ Рязанов Г. В. Путь к новым смыслам. С. 140.

¹⁵ Рязанов Л. А., Чесноков Н. И. Командир гвардейского корпуса «Илов». М.: Московский рабочий, 1983.

Георгий Васильевич и внешне походил на своего отца: был высоким, сухопарым, со спокойным, вдумчивым взглядом.

Отец Рязанова все годы войны находился на фронте, а в мирное время был чрезвычайно занят на военной службе, так что воспитанием сына занималась его мать, еврейка по национальности. От нее он пристрастился к иудаизму и к почитанию тору, о чем достаточно полно рассказывается в его капитальной книге «Путь к новым смыслам».

Рязанов был немного старше меня, но это нисколько не мешало нашему многолетнему общению. В целом, Георгий Васильевич производил впечатление человека не от мира сего, полностью поглощенного в размышления о глобальных проблемах мироздания. Некоторые коллеги находили сходство внешности Рязанова с поэтом Бродским. Думаю, что сходство было не только внешнее.

В 80-е и 90-е годы Рязанов числился сотрудником Института теоретической физики АН СССР (РАН) имени академика Л. Д. Ландау, однако характер его исследований, мягко говоря, никак не вписывался в тематику проводимых этим институтом работ. Никакого пересечения взглядов Рязанова с содержанием 10-томника по теоретической физике Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшица не было, хотя его нельзя было упрекнуть в невежестве, в отсутствии достаточных знаний в области теоретической физики. Содержание знаменитого многотомника он прекрасно знал. Можно лишь удивляться, как Рязанову удавалось долгие годы числиться в этом институте. Видимо, в руководстве института были люди, понимавшие серьезность его увлечений теоретической физикой и устремленность к решению глобальных проблем. Несмотря на чрезвычайно малое число публикаций, его не трогали и ему была предоставлена полная свобода действий.

Георгий Васильевич жил в Ясенево, вблизи старинной усадьбы «Узкое», где размещался санаторий Академии наук. Он часто ходил туда, бродил по его аллеям или лежал на полянке, размышляя о мучивших его проблемах физики. Рязанов часто приглашал к себе домой меня и других коллег с близким ему мироощущением. Там за чашкой чая, развалившись на диване, почти полулежа, мы неторопливо вели беседы о концепции дальнего действия, обсуждали волновавшие нас вопросы теоретической физики.

Г. В. Рязанов не мог достаточно четко выражать свои мысли. Для меня осталось загадкой, каким образом ему удалось написать столь большую книгу. Всякий раз, когда ему нужно было представить статью, он испытывал немалые затруднения. Но это не значило, что он ничего не мог написать. Но в его достаточно обширных рукописях не было должной систематичности. В результате изложенные соображения оставляли впечатление «сырых» статей, мало пригодных для публикации в открытой печати. Он неоднократно давал мне почитать ксерокопии своих рукописей, а его жена Ольга Викторовна Кузнецова просила меня помочь их обработать. Мои попытки не имели успеха, поскольку в тексте переплеталось так много разных идей, в том числе и полумистического характера, что мне не удавалось их систематизировать.

В заключение позволю себе привести слова Рязанова на подаренной мне книге: «Юрию Сергеевичу с надеждой в будущем двигаться вместе — два ближе к бесконечности, нежели один. Рязанов».

5.2. Теория прямого линейаризованного гравитационного взаимодействия

До сих пор главным образом рассматривались пути построения теории прямого электромагнитного взаимодействия, однако все авторы не могли обойти вопрос о природе гравитационного взаимодействия. Этого вопроса касался Р. Фейнман, пытались его решить в своих работах Ф. Хойл и Дж. Нарликар, говорил о гравитации и Г. В. Рязанов. Но реальный шаг в этом направлении был сделан А. А. Пантюшиным и Я. И. Грановским из Казахстана.



Группа участников конференции по философским вопросам теории гравитации и космологии в Киеве (1965 г.): С. М. Петряева, А. А. Грановский, Л. Ф. Пешкина (Владими́рова), Н. В. Мицкевич. Фото автора

Судя по их публикациям¹⁶ и выступлениям на гравитационных семинарах и конференциях, они не ставили перед собой задачу построения реляционной теории взаимодействий. Эти авторы преследовали сугубо прагматические цели — стремились построить упрощенную модель гравитационных взаимодействий, в которой можно было бы проще, чем в ОТО, записывать и решать уравнения движения систем взаимодействующих тел. По-видимому, стимулом к постановке этой задачи послужили труды академика В. А. Фока по уравнениям движения в ОТО и его учеников Н. П. Петровой и М. М. Абдильдина, работавших в Казахстане после обучения в Ленинграде.

¹⁶ Грановский Я. И., Пантюшин А. А. К релятивистской теории тяготения // Изв. АН Каз. ССР. Сер. физ.-мат., 1965. № 2. С. 65–69; Пантюшин А. А. Теория прямого гравитационного взаимодействия тел // Гравитация и теория относительности. 1969. Т. 6. С. 30–40.

Основная идея этих работ была чрезвычайно простой и вполне соответствовала математической реализации идей Фоккера. Нужно было построить выражение для действия гравитационного взаимодействия двух массивных частиц. Как уже отмечалось, в принципе Фоккера это действие строилось в виде произведения двух слагаемых: токового парного отношения, являющегося скалярным произведением электрических токов двух частиц, и пространственно-временного отношения, описываемого дираковской дельта-функцией от квадрата интервала между взаимодействующими частицами. Эти авторы использовали точно такую же комбинацию, только вместо токовых отношений в электродинамике записали специфическое скалярное произведение не токов, а тензоров энергии-импульса взаимодействующих тел. Последние представляют собой произведение масс на квадратичную комбинацию из компонент их 4-скоростей. Это могло быть навечно тем, что, если в уравнениях Максвелла источником электромагнитного поля являются токи заряженных частиц, то в случае гравитации источником в правой части уравнений Эйнштейна является тензор энергии-импульса гравитирующих объектов.

Второй составляющей в действии для гравитационного взаимодействия, как и у Фоккера, была выбрана дираковская дельта-функция. Вся проблема состояла лишь в записи «скалярного произведения» тензоров энергии-импульса двух частиц. Это несложно было найти, рассматривая линейное приближение в эйнштейновской теории гравитации. В итоге у Грановского и Пантюшина получилось действие фоккеровского типа для линеаризованной теории гравитации.

Дальнейший ход рассуждений был совершенно стандартным. С помощью вариационного принципа из записанного действия находились уравнения движения частиц. Несложно было показать, что их можно представить в виде линеаризованных уравнений геодезических линий в римановом пространстве с эффективным метрическим тензором, совпадающим в первом приближении разложения по гравитационной константе с метрикой, следующей из ОТО. Этого первого приближения вполне достаточно для расчета наблюдаемых гравитационных эффектов. Для решения ряда конкретных задач этот путь решения оказывается проще и нагляднее, чем в рамках ОТО.

В этой теории, как и у Фоккера, нет среди первичных понятий гравитационного поля. Все записывается исключительно через характеристики взаимодействующих частиц: их скорости, массы и взаимные интервалы. Однако при желании можно ввести понятие потенциалов гравитационного поля, как ранее вводились компоненты векторного электромагнитного потенциала, но тогда это некие вторичные, можно сказать, вспомогательные понятия. Через эти потенциалы строится эффективная метрика риманова пространства, и легко показать, что для этой метрики тождественно выполняются уравнения Эйнштейна в линейном приближении. Все это аналогично случаю электродинамики, где в теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия также тождественно выполняются уравнения Максвелла.

Однако нельзя забывать, что в данной теории компоненты эффективной римановой метрики определены лишь в тех точках, где присутствуют материальные объекты. Вне их понятие гравитационного поля теряет всякий смысл. Естественно, в этой теории, в линейном приближении совпадающей с ОТО, в принципе невозможны вакуумные решения уравнений Эйнштейна, а следовательно, отсутствуют и немаховские решения, вызывавшие многочисленные

дискуссии при постулировании уравнений Эйнштейна. А ведь это составляет то, к чему стремились в своем варианте теории Хойл и Нарликар.

Примерно из близких соображений прагматического характера исходили киевские физики-релятивисты во главе с К. А. Пирагасом, однако они сосредоточили свои усилия на исследованиях математических тонкостей, возникающих при решении уравнений движения тел в рамках теорий фоккеровского типа.



К. А. Пирагас. Фото автора

Характерной особенностью таких уравнений является то, что искомые функции, описывающие траектории частиц, содержат отклоняющиеся аргументы, которые, в свою очередь, функциональным образом зависят от этих же траекторий. Отклоняющиеся аргументы в уравнениях движения появляются вследствие учета конечной скорости распространения взаимодействия и ни в коей мере не связаны с какими-то новыми постулатами. Для нахождения решений таких уравнений недостаточно задавать начальные условия в какой-то один начальный момент, как это делается в теории обыкновенных дифференциальных уравнений. В данном случае

для получения решения необходимо знать поведение частиц системы в прошлом на некотором отрезке времени. Это означает, что система описывается уравнениями с отклоняющимися аргументами и обладает бесконечным числом степеней свободы. В случае общепринятой теории это можно интерпретировать как следствие бесконечного числа степеней свободы поля. В теории прямого взаимодействия поле как таковое отсутствует, и вся зависимость решений от предистории системы трансформируется в неоднозначность степеней свободы в уравнениях движения.

Все это существенно осложняет решение уравнений движения в теориях фоккеровского типа. Приходится искать специфические пути решения таких систем, чем в течение ряда лет занимались в группе К. А. Пирагаса. обстоятельный обзор полученных ими результатов был изложен в монографии «Качественные и аналитические методы в релятивистской динамике»¹⁷. Эта монография была издана уже в новой России, когда сами авторы оказались в других государствах (на Украине и в Литве).

5.3. Вслед за Фоккером и Фейнманом

С начала 70-х годов исследования в рамках теории прямого межчастичного взаимодействия предпринимались и нашей группой. В частности, по этой теме была написана дипломная работа Е. Б. Парушина. Затем был длительный перерыв, поскольку центр тяжести наших работ сместился на исследования

¹⁷ Пирагас К. А., Жданов В. И., Александров А. Н., Кудря Ю. Н., Пирагас Л. Е. Качественные и аналитические методы в релятивистской динамике. М.: Энергоатомиздат, 1995.

теории систем отсчета и многомерных геометрических теорий физических взаимодействий. Мы вернулись к исследованиям теории прямого взаимодействия в самом конце 70-х годов.

5.3.1. Следовало ли Эйнштейну отречься от идей Маха?

Эти работы велись совместно с моим дипломником а затем аспирантом А. Ю. Турыгиным, который написал и успешно защитил по этой теме кандидатскую диссертацию «Теория прямого межчастичного гравитационного взаимодействия» (ноябрь 1983 г.). Поскольку в нашей группе исследования проводились в рамках общей теории относительности, то нас не устраивало лишь линейризованное описание гравитации, и мы поставили задачу так обобщить результаты Пантюшина и Грановского, чтобы получить теорию прямого гравитационного взаимодействия фоккеровского типа, совпадающую с ОТО в любом приближении.

Эту задачу мы стали решать методом последовательных приближений по гравитационной константе G . Поскольку в фоккеровском принципе гравитационного взаимодействия вместо векторов токов фактически стоят тензоры энергии-импульса частиц, мы стали подставлять последовательно первое, второе и т. д. приближения по G для выражений тензора энергии-импульса взаимодействующей частицы. Кроме того, следовало обобщать выражения для используемой функции Грина. Напомним, в линейризованной теории она представлялась в виде дираковской дельта-функции от квадрата интервала между взаимодействующими частицами. Теперь она имела более сложный вид, зависящий от эффективной метрики в соответствующих приближениях.

Последовательно для каждого из этих разложений мы стали решать перечисленные выше три задачи, ранее рассматривавшиеся для линейризованной гравитации. Это означало, во-первых, обобщение фоккеровского вариационного принципа на случай учета нелинейных гравитационных воздействий. Возникающий здесь произвол в выборе констант решался из требования, чтобы получающиеся из вариационного принципа уравнения движения частиц совпадали с уравнениями геодезических линий частиц в эффективной метрике в соответствующем приближении.

Во-вторых, нужно было обеспечить тождественную выполнимость уравнений Эйнштейна в каждом из рассматриваемых приближений по константе G . Это требование позволило устранить произвол в выборе констант в принципе Фоккера для гравитационного взаимодействия.

В-третьих, следовало развить теорию гравитационного поглотителя, аналогичную ранее развитой для случая электродинамики.

Естественно, мы начали решение этих задач со второго приближения. Получившееся при этом довольно сложное выражение для обобщенного принципа Фоккера можно было проиллюстрировать с помощью трех типов диаграмм фейнмановского типа. Первый тип диаграмм означал прямую замену двухточечных взаимодействий на трехточечные. Второй тип можно было проинтерпретировать через трехточечные взаимодействия с учетом введения трехгравитонных вершин на одной из возможных гравитонных линий, а третий тип диаграмм соответствовал парным отношениям между частицами через пару гравитонных линий.

Заметим, что полученные диаграммы, в какой-то степени соответствовали тем, которые демонстрировал Р. Фейнман во время своего выступления на Третьей международной гравитационной конференции в Варшаве в 1962 г.

Полученные вариационным методом уравнения движения пробных частиц были представлены в виде уравнений геодезических линий в эффективной римановой метрике второго порядка по гравитационной константе. Это позволило частично снять произвол в константах.

Затем, записав символы Кристоффеля и кривизну через эффективную метрику во втором приближении и используя уравнение для функции Грина в рассматриваемом приближении, мы показали, при каком выборе оставшихся неопределенных констант достигается тождественная выполнимость уравнений Эйнштейна.

Эти задачи были рассмотрены и для следующих приближений. Был разработан алгоритм задания констант так, чтобы уравнения Эйнштейна выполнялись и во всех последующих приближениях по константе G .

В итоге было продемонстрировано, во-первых, что методом последовательных приближений можно построить теорию прямого межчастичного гравитационного взаимодействия во всех порядках по G совпадающую с эйнштейновской общей теорией относительности. Во-вторых, было показано, что использованная методика означала учет, кроме парных, еще трехчастичных, четырехчастичных и т. д. взаимодействий между частицами Вселенной.

Таким образом, можно высказать удивление, почему Р. Фейнман, много сделавший в 40–50-х годах для развития теории прямого электромагнитного взаимодействия, в 60-х годах, когда обратил внимание на гравитацию, не развил изложенный здесь вариант прямого межчастичного гравитационного взаимодействия фоккеровского типа. Видимо, здесь сказался его скепсис к концепции прямого межчастичного взаимодействия, возникший после того, как он убедился, что его диаграммная техника квантования может быть сформулирована без обращения к идеям концепции дальнего действия. Он встал на путь развития теоретико-полевой парадигмы. Концепцию же дальнего действия он стал считать одним из возможных, но никак не обязательных путей развития физики.

Сожаление вызывает также тот факт, что еще раньше Эйнштейн, опиравшийся на идеи Маха при создании общей теории относительности, когда она была построена, отказался от идей концепции дальнего действия и встал на путь развития геометрической парадигмы вслед за Клиффордом, Гильбертом и Вейлем. Оказывается, его результаты (общую теорию относительности) успешно можно было переинтерпретировать и в рамках концепции дальнего действия, не отвергая идей Маха.

Что касается третьей из сформулированных задач — построение теории гравитационного поглотителя, то в наших работах она была решена лишь для случая линеаризованной теории гравитации. Ее обобщение на произвольный случай сопряжено с довольно громоздкими выкладками и, насколько нам известно, подробно не исследовался, во всяком случае в 80-х годах.

5.3.2. Объединение прямых гравитационных и электромагнитных взаимодействий в рамках 5-мерия

Поскольку в 70-е годы мы большое внимание уделяли развитию многомерных геометрических моделей физических взаимодействий, где, следуя идеям

5-мерной теории Калуцы, можно объединить гравитацию и электромагнетизм, нас не удовлетворяли отдельные варианты теории прямого электромагнитного взаимодействия Фоккера—Фейнмана (и других) и отдельно теория прямого гравитационного взаимодействия. Мы ощущали настоятельную необходимость построение объединенной теории гравитации и электромагнетизма, в данном случае в рамках концепции дальнего действия фоккеровского типа. Исходя из этого, мы с Турыгиным построили такую теорию в рамках 5-мерных представлений.

При решении этой задачи нам очень помог опыт, накопленный при исследованиях многомерных геометрических моделей, т. е. при работе в рамках иной, геометрической парадигмы. Чтобы построить объединенную теорию мы переписали принцип Фоккера, обобщенный А. А. Пантюшиным и Я. И. Грановским на случай гравитации, в рамках не 4-мерного, а 5-мерного плоского пространства-времени с сигнатурой $(+ - - - -)$. Напомним, что, согласно теории Калуцы, дополнительное, *пятое измерений обязательно должно быть пространственно-подобным*.

Далее необходимо было учесть ряд обстоятельств, опять-таки следовавших из опыта работы в рамках геометрического многомерия. Во-первых, необходимо было учесть, что *пятое измерение компактифицировано*, т. е. замкнуто с чрезвычайно малым периодом порядка 10^{-32} см. Это означало, что по-прежнему в качестве функции Грина следовало использовать 4-мерную дираковскую дельта-функцию, которая, как и ранее, определяла опережающие и запаздывающие воздействия в классическом 4-мерном пространственно-временном сечении.

Компактифицированность 5-й координаты означала также, что должны рассматриваться именно 4-мерные траектории частиц в классическом пространстве-времени, несмотря на то, что в обобщенном принципе Фоккера должны писаться 5-мерные компоненты скорости и компоненты 5-мерного метрического тензора.

Во-вторых, нужно было учесть физический смысл пятой компоненты скорости. Как и в теории Калуцы, мы положили, что она с точностью до константы является отношением электрического заряда q к массе частицы m , т. е. имеет вид

$$u^5 = \frac{q}{2G^{-1/2}m},$$

где G — ньютонова гравитационная постоянная.

Далее оставалось все аккуратно записать и произвести $(1+4)$ -расщепление, как в стандартной 5-мерной теории Калуцы. В итоге выражение для 5-мерного действия фоккеровского типа автоматически расщепилось на 3 части:

- 1) на классическое 4-мерное действие, описывающее прямое межчастичное гравитационное взаимодействие, как у Пантюшина и Грановского;
- 2) на классическое 4-мерное действие, описывающее прямое межчастичное электромагнитное взаимодействие, как в работах Фоккера, Фейнмана и других авторов;
- 3) на скалярное действие, которое можно интерпретировать как действие свободных частиц, значение масс которых определяется вкладами частиц всей окружающей Вселенной, т. е. в духе принципа Маха.

При этом естественным образом получился ряд весьма интересных соотношений, например, что реальная масса идеализированных частиц оказывается пропорциональной квадрату электрического заряда электрона, как об этом писал и Рязанов. Оказалось также, что не нужно специально постулировать действие для свободных частиц, как это принято делать в общепринятой классической физике, — эти слагаемые автоматически возникают из выражения для действия взаимодействия фоккеровского типа.

Описанное расщепление действия на три части вполне соответствуют, по крайней мере, трем «чудесам теории Калуцы», о которых говорил в свое время А. Салам.

Получившаяся 5-мерная объединенная теория гравитации и электромагнетизма удивительно полно соответствует выводам 5-мерной теории Калуцы из совершенно иной, геометрической парадигмы. Конечно же, по своим выводам такая теория совпадает с общепринятой теорией электромагнетизма и гравитации.

Забегая вперед, отметим, что к данному варианту теории можно прийти еще одним способом: в рамках последовательной реляционной теории пространственно-временных отношений и физических взаимодействий (см. главу 7).

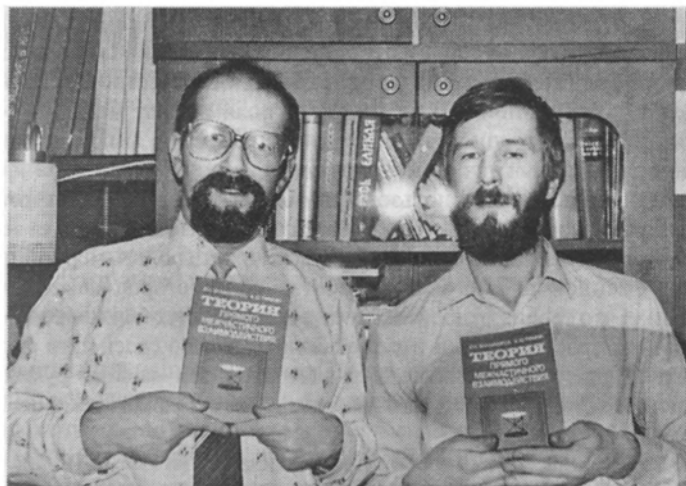
5.3.3. Книга «Теория прямого межчастичного взаимодействия»

В то время в нашей стране было очень мало специалистов, работающих в рамках концепции дальнего действия, так что практически некому было оценить важность полученного нами результата. Поэтому мы с Турыгиным решили написать книгу по теории прямого межчастичного взаимодействия. За время работы над этой проблемой стало очевидным, что за рубежом по этой теме было выполнено значительное число работ. В них было показано, что теория дальнего действия по полноте и логической стройности не уступает общепринятой концепции ближнего действия. Множество статей по этой теме были разбросаны по разным журналам и сборникам. Кроме того, были изданы две книги, не переведенные на русский язык¹⁸. Мы попытались зытот материал систематизировать и обобщить.

При этом мы преследовали следующие цели:

- 1) познакомить отечественных специалистов с концепцией прямого межчастичного взаимодействия, благодаря которой можно описывать наблюдаемые физические явления подобно тому, как это происходит в общепринятой теории поля;
- 2) попытаться объективно проанализировать достоинства и недостатки этого подхода, выявить концептуальные следствия из факта его существования, сравнить его с теорией в рамках концепции ближнего действия;
- 3) обратить внимание на важное обстоятельство в этой теории: описание неразрывной связи между локальными характеристиками физических объектов и глобальными свойствами окружающей их Вселенной, — т. е. того, что в литературе принято называть принципом Маха;

¹⁸ The theory of action at a distance in relativistic particle dynamics / E. N. Kerner ed. N. Y.: Gordon and Breach, 1972, 209 p.; Hoyle F., Narlikar J. V. Action at a distance in physics and cosmology. San Francisco: W. H. Freeman and Comp., 1974, 266 p.



Ю. С. Владимиров и А. Ю. Турыгин, авторы книги
«Теория прямого межчастичного взаимодействия» (1986 г.)

- 4) показать, что А. Эйнштейн, приступивший к построению теории гравитации, следуя идеям Маха, в принципе мог бы и не отказываться от них после получения своих уравнений:

В итоге у нас получилась сравнительно небольшая книга¹⁹ в 136 страниц, состоящая из 7 глав, в которых были систематически изложены с приведением необходимых формул полученные к тому времени результаты в области теории прямого межчастичного взаимодействия.

В последней, седьмой главе была дана информация о так называемых одновременных формулировках релятивистской механики систем прямо взаимодействующих частиц. Они занимают особое место среди теорий прямого межчастичного взаимодействия.

Как известно, современная теоретическая физика самым существенным образом опирается на 4-мерную пространственно-временную симметрию, вскрытую теорией относительности. Это отражается в лоренц-ковариантном (в СТО) или общековариантном (при учете ОТО) виде уравнений. Сохранение 4-мерной симметрии характерно и для теорий прямовзаимодействующих частиц фоккеровского типа, о которых здесь в основном шла речь.

Однако следует признать, что полной симметрии между пространственными и времени-подобным измерениями нет. Об этом свидетельствует хотя бы



Книга Ю. С. Владимирова и А. Ю. Турыгина «Теория прямого межчастичного взаимодействия» (1986 г.)

¹⁹ Владимиров Ю. С., Турыгин А. Ю. Теория прямого межчастичного взаимодействия. М.: Энергоатомиздат, 1986.

сигнатура пространственно-временного многообразия. Асимметрия пронизывает всю структуру общей теории относительности, можно сказать, составляет другую сторону диалектического единства 4-мерия. Известно, насколько большую роль в современной ОТО и в теории поля играют методы (1+3)-расщепления пространственно-временного многообразия, с помощью которых описываются системы отсчета, гамильтонова формулировка ОТО и решения многих задач. Только при использовании методов задания систем отсчета общая теория относительности приобретает смысл, заложенный в ее названии.

Некоторые физики не склонны преувеличивать роль 4-мерной пространственно-временной симметрии. В работах ряда авторов даже встречается утверждение, что теория относительности «опространствовела время», сделала его подобным пространству. В итоге оказалось, что по своей сути физика стала статичной 4-мерной. Понятие эволюции вводится «своими руками» путем перемещения 3-мерного пространственного сечения вдоль времени-подобной координаты.

Такого мнения, в частности, придерживался П. А. М. Дирак, развивая гамильтонову формулировку электродинамики и общей теории относительности. Он писал: «Мы склонны считать, что четырехмерная симметрия не является фундаментальным свойством физического мира. <...> С математической точки зрения потеря четырехмерной симметрии вызывает сожаление, ибо это означает утрату трансформационных свойств уравнений. Эта утрата в достаточной мере компенсируется за счет обогащения трансформационных свойств, возникающих из возможности осуществления контактных преобразований в уравнениях Гамильтона»²⁰.

Подобный взгляд нашел свое отражение и в построении теорий прямого взаимодействия. В литературе представлен и иной класс теорий действия на расстоянии, в своей основе 3-мерных и использующих единый параметр эволюции системы частиц. Такие теории, называемые одновременными, довольно близки по своей математической форме и физической интерпретации к нерелятивистской (классической и квантовой) механике системы частиц. В них с самого начала не заложена 4-мерная пространственно-временная симметрия, а следовательно, утеряна явная лоренц-ковариантность исходных выражений. Поэтому построение этих теорий начинается с изучения условий, при которых они удовлетворяют принципу относительности. Эти условия налагают определенные ограничения на понятия, используемые при описании прямых взаимодействий. В разных формулировках набор понятий и способов реализации условий лоренц-ковариантности теории различен.

Не вникая в содержание отдельных вариантов, здесь лишь назовем теории, представленные в литературе в начале 80-х годов:

- 1) релятивистская гамильтонова теория в 3-мерной форме, развивавшаяся Дираком, Кастером и другими авторами за рубежом, а в нашей стране С. Н. Соколовым;
- 2) релятивистская гамильтонова теория в ковариантной форме, развивавшаяся в работах И. Т. Тодорова, Н. П. Клепикова, А. Н. Шатний, А. Комара и ряда других авторов;

²⁰ Дирак П. Обобщенная динамика в гамильтоновой форме. Теория гравитации в гамильтоновой форме // Новейшие проблемы гравитации. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1961. С. 157.

- 3) релятивистская лагранжева теория прямых взаимодействий, развивавшаяся Р. П. Гайдой и его сотрудниками во Львове;
- 4) предиктивная механика, начало которой было положено в работах Д. Г. Карри и Р. Н. Хилла в конце 60-х годов.

Были и другие варианты. В заключительной главе книги были охарактеризованы перечисленные варианты теорий дальнего действия и названы проблемы, с которыми столкнулись их авторы.

5.4. Попытка построения макроскопической теории пространства-времени

Но при написании нашей книги преследовалась еще одна цель. Мне хотелось изложить свое видение программы вывода классических пространственно-временных отношений из неких факторов, присущих физике микромира. Эта программа была нацелена на реализацию идей, выдвинутых не только Лейбницем, Махом и другими мыслителями прошлого, но и ряда других идей в этом же русле, высказанных Л. де Бройлем, П. К. Рашевским, Е. Циммерманом, Ван Данцигом и другими уже современными математиками и физиками.

В предыдущих книгах этой серии уже говорилось об этой программе, первый вариант которой у меня стал складываться еще в начале 60-х годов, затем было несколько попыток углубиться в эту проблему. Было некоторое продвижение и уточнение ряда положений, но представить свои взгляды в виде содержательной теории пока не удавалось. Напомню только, что эти взгляды возникли из неудавшихся попыток (не только моих, но и виднейших теоретиков XX века) решения проблемы совмещения принципов общей теории относительности и квантовой теории. Пришлось заняться углубленным анализом основ синтезируемых теорий. Именно отсюда возник мой интерес к концепции дальнего действия вообще и к теории прямого межчастичного взаимодействия в частности. Я считал и продолжаю считать, что успешное решение поставленной задачи возможно лишь в рамках реляционного подхода к природе пространства-времени и всей физики.

Суть моих размышлений и гипотез в этой области будет изложена в последней главе. Здесь же ограничусь лишь изложением возникших тогда на этом пути затруднений.

1. Исходя из задания мировой матрицы неких парных отношений между всеми частицами мира, не было ясно, что следует выбрать в качестве элементарных вкладов в эти отношения, из которых в результате суммирования их огромного числа должны в конце концов получаться интервалы пространственно-временных отношений.

Согласно закономерностям квантовой механики и физики микромира, элементарные вклады не могли описываться вещественными числами. Теория микромира формулируется на основе комплексных чисел. Но каков физический смысл элементарных комплексных вкладов в отношения? Подсказку я нашел у Уилера, который неоднократно обращал внимание на необходимость учета фаз при построении геометрических представлений. Но как положить фазы в основание геометрии?

2. Если выбрать фазы в качестве элементарных отношений между материальными объектами, то, что является носителем этих фазовых вкладов?
3. Понятие фазы является одномерным. Как вложить понятие геометрической размерности в теорию, не опирающуюся на априорно заданный пространственно-временной континуум? Напомним, что понятие размерности в строгом топологическом смысле присуще лишь непрерывным многообразиям. Необходимо было найти дискретный аналог понятия размерности, причем он должен быть связан с какими-то физическими обстоятельствами. Здесь вставала старая проблема физического обоснования пространственного 3-мерия (пространственно-временного 4-мерия). Эту проблему ставил еще Мах («Почему пространство 3-мерно?»), над ней размышляли Эйнштейн, Эренфест, Эддингтон и другие физики-теоретики.
4. Известно, что элементарные частицы описываются спинорными волновыми функциями. Понятие спинора является более элементарным, чем векторы и тензоры, через которые описывается классическая физика. Было очевидно, что в искомой теории парные отношения в мировой матрице должны вводиться именно между спинорными элементарными частицами. Возникал ряд естественных вопросов, связанных со спинорностью частиц. Как обосновать спинорность элементарных «кирпичиков мироздания»? Следует ли постулировать «своими руками» факт спинорности частиц, как это предлагал Р. Пенроуз в своей твисторной программе, или это должно естественным образом вытекать из неких более глубоких соображений? Желательно было найти такие соображения. Но каковы они? Эта проблема ставилась рядом физиков, в том числе и Уилером.
5. Классическая физика, опирающаяся на готовое пространство-время, фактически статична. По образному выражению, встречающемуся в литературе, в теории относительности произведено «опространствление» времени. Сигнатура не спасает ситуацию. Эволюция систем во времени описывается дополнительной методикой рассмотрения 3-мерных пространственных сечений вдоль координаты времени. На это обращали внимание некоторые математики и физики. Возникает вопрос, нельзя ли понятие эволюции систем заложить в самую основу прообраза пространственно-временных отношений? В дальнейшем выяснилось, что это можно сделать, но для этого следует перейти к новой (бинарной) геометрии.
6. Каким образом описывать эволюцию систем без использования априорно заданного пространства-времени? Я в своих рассуждениях пытался опереться на свойства цепей Маркова, погружался в теорию марковских цепей и процессов, рассматривал различные случаи простых, сложных и бесконечно усложняющихся цепей. В частности, я обратил внимание на интересный цикл работ В. П. Маслова и его учеников, в которых квантовая теория представлялась в виде комплексных марковских процессов. Однако эти работы мало в чем могли мне помочь, поскольку они опирались на готовую пространственно-временную решетку, а в искомой теории ее не должно было быть.
7. Конечно, для реализации поставленной программы важными представлялись работы Р. Фейнмана по переинтерпретации квантовой механики

в терминах суммирования по историям (квантования методом континуального интегрирования). Однако существенным дефектом этого подхода был «пространственно-временной аспект» фейнмановского квантования, — оно осуществлялось на фоне уже заданного пространственно-временного фона. Необходимо было использовать ряд моментов его теории, отказавшись от пространственно-временного фона. Но как это сделать?

Были и другие вопросы, пока остававшиеся без ответа. Все это вместе с гипотезами о путях решения некоторых из этих проблем я изложил в виде 8-й главы в рукописи нашей с Турыгиным книги «Теория прямого межчастичного взаимодействия». В таком виде эта книга была представлена в 1983 г. в издательство «Энергоатомиздат» и была послана рецензенту. Рецензент внимательно прочитал рукопись и в своей рецензии обрушился с критическими замечаниями, главным образом, на 8-ю главу. Было очевидно, что он мыслил в рамках общепринятой теоретико-полевой парадигмы и не разделял нашу точку зрения на необходимость построения макроскопической теории классического пространства-времени.

Однако он был прав в том плане, что 8-я глава имела существенно иной характер по сравнению с содержанием всех других глав, где излагались не соображения программного характера, а конкретные результаты по теории прямого межчастичного взаимодействия предыдущих авторов, а также наше обобщение теории прямого межчастичного гравитационного взаимодействия, приводящее к следствиям, совпадающим с общей теорией относительности. Обсудив сложившуюся ситуацию, мы с Турыгиным решили исключить главу 8, чтобы спасти все остальное. После ряда согласований с рецензентом и редакцией книга вышла в свет в 1986 г. без 8-й главы.

Теория физических структур

Ю. И. Кулакова

В рамках теории физических структур по-новому осмысливается проблема единства мира, — у современных ученых еще силен иску́с решения этой проблемы в субстанциалистическом духе. Однако не исчерпал ли себя этот подход? С точки зрения теории физических структур более перспективно искать не исходную «первоматерию», а исходные «первоструктуры», — такая переформулировка проблемы единства мира представляется нам несравненно более преимущественной и в логическом, и в естественно-научном отношении¹.

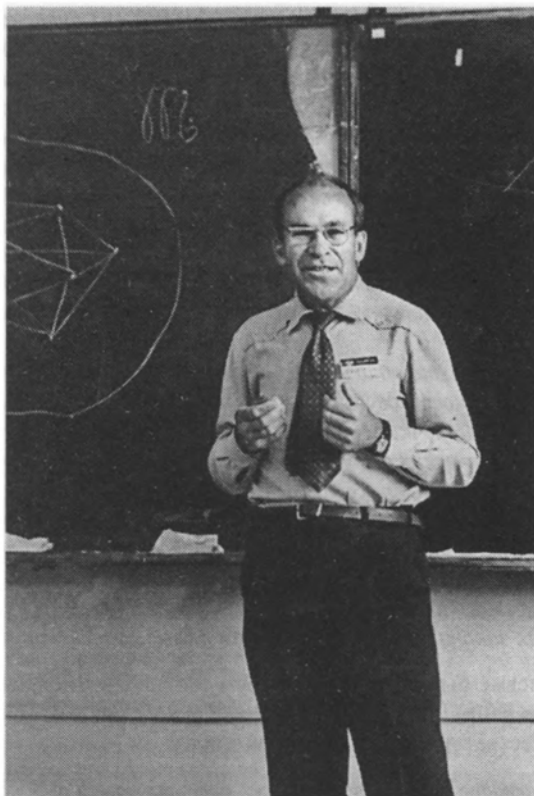
И. Е. Тамм

6.1. Встреча на гравитационной конференции

В самом конце 60-х годов мне довелось слушать выступление Ю. И. Кулакова на семинаре по теоретической физике Д. Д. Иваненко (МГУ). Но в то время его идеи показались мне далекими от моего мучительного поиска принципов, которые могли бы быть положены в основу прообраза классического пространства-времени, причем такого, чтобы из него вытекали как следствия основные свойства наблюдаемого пространства-времени: размерность, сигнатура, спинорная природа элементарных частиц и т. п. По-настоящему я познакомился с Ю. И. Кулаковым на 4-й Советской гравитационной конференции (Минск, 1976 год), где у меня было несколько докладов. Один из них имел программно-поисковый характер, в котором речь шла о предпринятой попытке развить модель прообраза пространства-времени на основе двух начал, под которыми понимались два вида электрически заряженных частиц, составляющих нейтральную материю. В общепринятой теории это вводится дополнительными постулатами в априорно заданное пространство-время, а мне же хотелось положить этот факт в основу мироздания и исходить из него в построении понятий классического пространства-времени.

Доклад (на секционном заседании) прошел обычно: меня вежливо выслушали, задали пару формальных вопросов. На этом бы все и кончилось. Но случилось так, что следующим докладчиком был Юрий Иванович Кулаков, который рассказывал о своей теории физических структур (ТФС), причем как на одном множестве элементов, что приводило к обычной геометрии, так и на двух множествах абстрактных элементов. Тогда он их назвал «белыми»

¹ Цит. по: Кулаков Ю. И., Владимиров Ю. С., Карнаухов А. В. Введение в теорию физических структур и бинарную геометрофизику. М.: Архимед, 1992. С. 4.



137

Ю. И. Кулаков выступает с докладом о теории физических структур на 4-й Всесоюзной гравитационной конференции в Минске (1976 г.). Фото автора

и «черными» точками. Имея в виду предыдущий мой доклад, он стал говорить об их слиянии и о переходе к неким «серым» точкам обычной геометрии. Таким образом, он перекинул мостик к моему докладу и солидаризировался со мной в идее бинарной природы нашего мира. Вот здесь я уже срезонировал на идеи его теории физических структур. После заседания мы обменялись адресами, и по возвращении с конференции я послал ему письмо с рядом вопросов по ТФС. Приведу ответное письмо Ю. И. Кулакова от 28.10.1976 полностью.

«Дорогой Юрий Сергеевич!

Отвечаю Вам с большим опозданием, так как всю осень пробыл в Красноярске. Там в Красноярском университете я прочитал большой спецкурс по теории физических структур где, в частности, подробно останавливался на всех затронутых Вами вопросах, относящихся к физическим основаниям теории пространства и времени.

Одним из наиболее сильных утверждений теории физических структур является следующее:

Фундаментальным законом мира является его **бинарность**, т. е. любая универсальная физическая структура есть отношение между двумя „разнополюми“ физическими объектами (т. е. принадлежащими к двум множествам различной природы). Отношения же между объектами одинаковой природы вторичны и потому сложны и причудливо прихотливы. Возникающая здесь ситуация подобна той, которая имеет место в электростатике: сложное взаимодействие двух диполей есть на самом деле проявление простого кулоновского взаимодействия электрических зарядов двух различных типов (положительного и отрицательного). Традиционная геометрия в этой аналогии напоминает электростатику, построенную не на понятии электрического заряда двух знаков, а на понятии „бесполого“ дипольного момента.

Короче говоря, то, что мы называем обычно просто „точкой“ на самом деле есть совокупность двух сущностей противоположной природы — „белой точки“ и „черной точки“, расстояние между которыми равно нулю.

Теория физических структур позволяет указать те единственные возможные отношения (структуры) между „разнополюми“ физическими объектами, вид которых, оказывается, не зависит от их конкретной физической природы, а целиком и полностью определяется требованием **универсальности** структуры и ее рангом. Таким образом заранее ничего не зная о природе „белых“ и „черных“ точек, мы можем написать конкретное выражение для закона, описывающего возможные отношения между ними».

Далее в письме были приведены формулы двух возможных законов бинарных структур ранга (5,5) и указаны способы переходов от них к структурам на одном множестве элементов. Далее он писал:

«Вы можете разобраться во всех деталях этого вывода, если ознакомитесь с работой Г. Г. Михайличенко, рукопись которой я Вам высылаю.

Что же касается физических структур на трех и более множествах, то Г. Г. Михайличенко доказана одна замечательная теорема, согласно которой не существует универсальных физических структур, кроме тривиальных, на трех и более множествах.

Возможность обобщения теории физических структур на случай многих комплексных переменных очень заинтересовала известного специалиста в этой области Л. А. Айзенберга, но пока говорить о каких-либо результатах в этой области не приходится.

Большое спасибо за фотографии.

В феврале 1977 г. я приеду в МГУ на факультет повышения квалификации и мы смогли бы обсудить многие вопросы более подробно.

Искренне Ваш Ю. И. Кулаков.»

Вскоре Кулаков прислал мне из Новосибирска свою книгу «Элементы теории физических структур», изданную в 1968 г. ротاپринтным образом, и несколько оттисков своих работ по этой теме. По этой книге я стал разбираться в теории физических структур. Должен сказать, что книга Кулакова была написана как-то фрагментарно, с множеством повторов, бессистемно. Она скорее являлась конгломератом из ряда вариантов или версий теории физических структур. В ряде мест эмоциональная и методологическая стороны

забивали математическое и физическое содержание. Но в целом основная математическая идея теории физических структур прослеживалась четко и была мне понятна. Особенно сильным в книге Кулакова было приложение, написанное его учеником Г. Г. Михайличенко. Там вообще не было идеологии, но был математический аппарат структур Кулакова.

Потихоньку я стал мудрить, пытаюсь приспособить структуры к своим соображениям и представлениям. Но у меня почему-то тогда ничего путного не получилось, хотя попыток было немало. Возможно, это объяснялось тем, что в то время я работал над книгой «Системы отсчета в теории гравитации» и был занят делами секции гравитации научно-технического совета Минвуза СССР.

6.2. Истоки теории физических структур Кулакова

Никакая физическая теория не возникает на пустом месте. У нее всегда есть предшественники, высказывавшие эти идеи подчас еще в сыром виде, есть и мудрые учителя, помогающие их освоить и тем самым подготовить рождение новых теорий и открытий. Так было и с автором теории физических структур Юрием Ивановичем Кулаковым (1927), учеником Нобелевского лауреата академика И. Е. Тамма (1895–1971 гг.).

6.2.1. Ученик академика И. Е. Тамма

Как Юрий Иванович попал в аспирантуру к Тамму и как у него учился с его слов записал корреспондент Ю. Лексин²: «Это целая эпопея, как я попал к нему — к Игорю Евгеньевичу Тамму. Я собирался в аспирантуру и у меня была работа. Не буду даже говорить, какая, о чем. Главное, я думал, она гениальная. Ну, не совсем, близко. Молодость, знаете. Я был в ней весь, и продолжение моей жизни, конечно же, было там же, в ней. Я весь был в ожидании похвал. Тут и появилась возможность попасть в аспирантуру к Игорю Евгеньевичу. И вот я, ожидая похвалы, принес ему свой труд. Он открыл его, полистал, закрыл и сказал: „Я беру вас, но с одним условием: вы забудете все, что здесь написано. Напрочь. Согласны?“ Хотя бы, знаете, почитал! А то вот так, с ходу. И отказаться нельзя. Как отказаться? Пришлось соврать. Я, конечно, согласился, а сам себе думал: ладно, время тихонько пройдет, он вникнет в суть работы и все равно оценит ее. Она же прекрасна, я-то знаю.

Это потом мне стало ясно, что то был тупик, я загубил бы годы. Но тогда, тогда я даже не представлял себе, что мне придется изменить все свое отношение к физике. И признаться, тогда я не отдавал себе отчет, как же мне посчастливилось, что я попал к Игорю Евгеньевичу. Судьба дала мне его в учителя на целых три года аспирантуры и еще на четыре года потом — до самой его смерти. Все эти годы мне позволено было видеть, чувствовать и понимать этого человека.»

«Странно, но Игорь Евгеньевич уделял мне очень большое внимание, а ведь он был предельно занятым человеком. Один же день в неделю был для меня просто святым днем. Это был четверг. В этот день я просыпался и уже

² Опубликовано в журнале «Знание-сила». № 12. 1991. С. 60–65.



Н. Бор и И. Е. Тамм

не спешил в столовую, а садился в метро и ехал домой к Игорю Евгеньевичу. Он меня уже ждал. Мы с ним завтракали, потом шли в его кабинет, и здесь я отчитывался за всю неделю: что я за это время сделал, о чем думал, какие книжки прочел. Кстати, читать рекомендованные им книги следовало обстоятельно. Это были и философские книги, и даже средневековые мистики, то есть далеко не только специальная литература. По молодости лет я тогда не очень понимал, зачем мне нужны хотя бы те самые мистики, и однажды солгал: сказал, что читал одну книжку, а на самом деле даже не заглянул в нее. Разоблачен я был мгновенно, сам же Игорь Евгеньевич был так огорчен этим случаем, я бы даже сказал, даже оскорблен, что я не знал, куда мне девать глаза. Слава Богу, это был единственный случай — первый и последний.

Особенно Игоря Евгеньевича радовало, когда у меня возникали какие-то парадоксы. Он прямо-таки с юношеским жаром принимался решать их. Время шло, наступал обед, а после обеда мы с ним играли в шахматы. Игроки мы были равные, и азарт от этого еще более увеличивался.

После игры Игорь Евгеньевич вызывал машину, и мы отправлялись куда-либо, в Узкое ли, в иные места Подмосковья, и здесь-то в машине, и происходило настоящее обучение — без формул...»

«Игорь Евгеньевич предложил мне задачу — вполне нормальную с точки зрения обыкновенной физики: что будет, если столкнутся частицы и античастицы — нуклон и антинуклон? Какое количество пи-мезонов при этом возникнет? Однако теория к тому времени была совершенно не разработана, была только такая смутная идея, принадлежавшая Тамму. По ней предполагалось, что каждый нуклон окружен шубой, облаком пи-мезонов. И вот, исходя из этой модели, и следовало подсчитать, сколько же их образуется.

Уже в самом начале Игорь Евгеньевич с присущей ему честностью говорил: „Знаете, Юра, мы с вами работаем на корзину. Через десять лет никто об этом даже и не вспомнит. Но нужно что-то делать, нельзя стоять на месте, нужно работать“. И я начал решать. Задача была громоздкой, а еще более



На празднике студентов физфака МГУ «Архимед». На первом плане сидят слева направо: А. А. Соколов, Б. И. Спасский, И. Е. Тамм, ?. Фото Ю. Шустикова

громоздким оказался ответ. Моя конечная формула едва умещалась на двух страницах. На нее было тяжело смотреть. Это был поистине монстр.

Конечно, я уже тогда догадывался, что природа не может быть так сложно устроена. Эти ужасные две страницы... И главное — никакого согласия с экспериментом...

Однако я кончил дело, защитился. Сердобольный Игорь Евгеньевич утешал меня, говорил, что отрицательный результат тоже результат и другие по этому пути уже не пойдут. Но утешение было слабое. Хотелось-то открыть действительно что-то фундаментальное.

Вот тогда я и понял: нужно начинать с самого начала. Нужно понять, что же такое физический закон? Что такое закон Ньютона, Ома, законы электродинамики, термодинамики? И вот со „школьного“ ньютоновского закона я и начал: произведение массы на ускорение равно действующей силе... Но что такое, собственно, масса? Что такое сила? И что такое сам закон: является ли он определением силы или является опытным фактом?»

Замечу, что мы с Кулаковым могли бы пересечься во время его учебы в аспирантуре, — я тогда уже был студентом физического факультета МГУ, — но этого не случилось. Любопытно, что свою научную деятельность я тоже начинал с конкретных расчетов, причем также с расчетов процессов аннигиляции пары частицы-античастица, но только электрона и позитрона и не в мезоны, а в гравитоны или в гравитон и фотон. И тоже получились громоздкие рогаые формулы, на которые было страшно смотреть... Эти расчеты легли в основу моей кандидатской диссертации.

Со времени учебы в аспирантуре для Кулакова главным в жизни стало стремление разобраться в устройстве мироздания. Возвращаясь к результиру-

юшей формуле своей диссертации, Кулаков говорил: «Нелепость той двусторонней формулы была очевидной. Игорь Евгеньевич тоже прекрасно понимал, что мы навязываем природе свой язык и на нем пытаемся с нею общаться. Но природа не понимает этого языка и отвечает нам: „Нет“. А нужно смиренно прислушиваться к тому языку, на котором говорит сама природа. Но где этот язык, в чем? Он — в законах. В законе Ньютона, в уравнениях Максвелла, в законах квантовой механики. Все эти законы написаны на некотором едином языке. Это все равно, что читать детектив, Гомера, историю Карамзина — вещи разные, но написаны-то они на одном языке. Вот такие общие слова были сказаны мне Игорем Евгеньевичем в напутствие, когда я уезжал в Новосибирск, в университет».

Работая в Новосибирском университете, Юрий Иванович нашел язык, на котором можно сформулировать ряд ключевых законов общей физики: второй закон Ньютона, закон Ома, законы термодинамики и некоторые другие, которые записываются через определители. Так в 1968 г. им была сформулирована теория физических структур, составившая фундамент его мировоззрения на всю последующую жизнь. Приезжая в Москву, Юрий Иванович посещал И. Е. Тамма и рассказывал о своих результатах.

В то время Игорь Евгеньевич был уже смертельно болен: у него атрофировались нервы, управлявшие легкими. Чтобы он не задохнулся, ему подключили машину, качавшую воздух в легкие. «В таком состоянии он прожил два с половиной года. Он лежал дома, в своем кабинете, на таком вроде как операционном столе; здесь же стояла и мигала лампочками какая-то, кажется шведская аппаратура, и поначалу, признаться, при виде всего этого мне было страшно даже разговаривать. О чем можно разговаривать с человеком, если он лежит на операционном столе и мигают эти жуткие лампочки?»

Но уже буквально через несколько минут я забывал обо всем этом, потому что Игорь Евгеньевич прямо-таки жадно меня расспрашивал. Я же тогда как раз прочитал свои первые лекции о физических структурах. И тоже в очень экзотической обстановке — за Полярным кругом, при северном сиянии, в бухте Тикси... Игорь Евгеньевич сразу же понял, что речь идет как раз о том универсальном языке, на котором говорит Природа. Он задавал множество вопросов, советовал посмотреть еще то-то и то-то. И этот живой его интерес меня подхлестывал, хотелось идти дальше, дальше... Ну а потом... потом он умер».

Однако он успел, лежа «на таком вроде как операционном столе», написать рецензию на статью Кулакова «Методологическое введение в теорию физических структур», предназначенную для публикации в журнале «Природа». В отзыве, датированном 12 января 1970 г., в частности, говорилось: «Теория физических структур безупречна в эстетическом отношении — это не внешний лоск, а тонкое свидетельство глубины и истинности построений. Эстетические критерии для оценки теории в данном случае естественны и неизбежны, ибо антиутилитарный и антипрагматический подход Ю. И. Кулакова принципиально ориентирован на постижение мировой гармонии, упорядоченности бытия. В наш век дробно-практицизированного знания мы отвыкли от такой ориентации, корни которой уходят в пифагорейское мировоззрение, к идеалам универсального и математизированного знания. В рамках теории физических структур по-новому осмысливается проблема единства мира — у современных ученых еще силен искушение решения этой проблемы в субстан-

циалистическом духе. Однако не исчерпал ли себя этот подход? С точки зрения теории физических структур более перспективно искать не исходную „первоматерию“, а исходные „первоструктуры“, — такая переформулировка проблемы единства мира представляется нам несравненно более преимущественной и в логическом, и в естественно-научном отношении.»

Но так случилось, что ни статья Кулакова, ни рецензия Тамма в журнале «Природа» тогда опубликованы не были. Рецензия была впоследствии включена вместо редакционной статьи в нашу совместную с Ю. И. Кулаковым и А. В. Карнауховым книгу «Введение в теорию физических структур и бинарную геометрофизику»³.

6.2.2. Суть теории физических структур

Ю. И. Кулаков, как мне представляется, сделал два замечательных открытия. Первое открытие состоит в том, что он открыл метод построения теории алгебраических отношений между элементами произвольной природы на основе следующих двух положений:

- а) конечные подмножества элементов составляют своего рода самодостаточное сообщество (число элементов r в них названо *рангом*);
- б) *принцип фундаментальной симметрии* в каком-то смысле подобен принципу всеобщей демократии: самодостаточность общества данного ранга r не зависит от конкретных элементов, его составляющих.

На математическом языке самодостаточность выражается в том, что для любых r элементов взятого множества существует закон, то есть имеется некая обращающаяся в нуль алгебраическая функция от всех парных отношений между r элементами данного множества. Это еще не формирует содержательной теории, так как всегда можно подобрать функцию от конечного числа аргументов, обращающуюся в нуль. Содержательная теория возникает после наложения принципа фундаментальной симметрии, означающего, что эта функция обращается в нуль для *любых* r элементов рассматриваемого множества.

Строго говоря, эти соображения не являлись совершенно новыми. В подобном духе высказывался еще Б. Больцано (1781–1848 гг.) в начале XIX века. Так, в своей работе 1815 г. «Попытка объективного обоснования учения о трех измерениях пространства» он писал: «Имеется система четырех точек, из которых ни одна не определена как сама по себе, так и по своим отношениям к остальным трем, поскольку оно должно быть охвачено чистым понятием. Однако если такая система четырех точек дана, то каждая другая точка и каждая совокупность точек (значит, всякая пространственная вещь) может быть детерминирована одними только понятиями, выражающими ее отношение к этим четырем точкам»⁴.

Та функция у Больцано, из которой может быть определено отношение между любыми двумя точками (элементами) через их отношения к избранным 3 точкам, и является той функцией, определяющей закон для r элементов в теории физических структур Кулакова, которая позволяет найти отношение

³ Кулаков Ю. И., Владимирцов Ю. С., Карнаухов А. В. Введение в теорию физических структур и бинарную геометрофизику. М.: Архимед, 1991.

⁴ Цит. по: Горелик Г. Е. Эрнст Мах и проблема размерности пространства // Исследования по истории физики и механики. 1993–1994. М.: Наука, 1997. С. 80.

между двумя произвольными двумя элементами через их отношение к $r - 2$ эталонным элементам (к базису физической структуры).

Новое состоит в том, что у Кулакова ставилась задача нахождения всех возможных видов законов (функций) для r элементов, удовлетворяющих сформулированным условиям. Оказалось, что сформулированные Кулаковым положения настолько содержательны, что на их основе можно найти законы (алгебраические функции вещественных отношений) для минимальных рангов $r = 3, 4, 5$ и показать, как их искать для других рангов. Но самое удивительное состояло в том, что найденные таким образом математические конструкции (структуры, как их назвал Кулаков) соответствуют известным видам геометрий: евклидовой, римановой (постоянной положительной кривизны), геометрии Лобачевского, симплектической геометрии и другим. Более того, ранг r структуры связан с размерностью n соотношением $n = r - 2$. Так, 3-мерной евклидовой геометрии, описывающей физическое пространство, соответствует ранг $r = 5$. Другой структурой этого же ранга описывается геометрия Лобачевского. Геометрия 4-мерного пространства-времени Минковского характеризуется структурой ранга 6.

Таким образом, исходя из довольно абстрактных алгебраических положений можно прийти к геометрии, описывающей физическое пространство-время. Можно сказать, что таким образом была произведена реляционная переформулировка геометрии, по крайней мере, плоского пространства-времени. Далее было показано, что из отношений, которыми являются расстояния или интервалы можно построить все другие используемые в геометрии понятия, такие, как линейные и двугранные углы, площади, объемы и так далее.

Заметим, что и это, строго говоря, не являлось совершенно новым. Подобная задача ставилась еще в прошлом веке. Об этом можно найти упоминания в книге Э. Маха «Познание и заблуждение». Уже в середине XX века в таком духе была написана книга Блюменталя⁵. В работах группы Кулакова эта задача была решена в самом общем виде. Его ученики через парные отношения построили основные понятия не только евклидовой, но и других геометрий, в частности, симплектической геометрии.

Казалось бы, геометрия выведена из теории отношений (физических структур). Что еще надо? Однако, с позиций моей программы, это не являлось решением проблемы. То, что сделано Кулаковым, представляло собой лишь переформулировку известной геометрии, другой взгляд на нее. В теории физических структур с самого начала было заложено чрезвычайно сильное допущение, справедливое лишь для макромира: постулировалась вещественность парных отношений, то есть было введено понятие больше-меньше. Это соответствует использованию аксиомы Архимеда. А имеет ли место подобное допущение в микромире? Мне представляется, что нет. Кроме того, из работ Кулакова не видно, какая геометрия имеет место в микромире. Совершенно не ясно было как обосновать ключевые свойства классического пространства-времени, такие как его размерность, сигнатура, квадратичный характер мероопределения.

Второй замечательный результат Кулакова состоял в том, что им была открыта так называемая *бинарная геометрия*. Все изложенное выше относи-

⁵ Blumental L. M. Theory and application of distance geometry. Oxford, 1953.

лось к одному множеству элементов. Действительно, общепринятые геометрии имеют дело лишь с одним множеством равноправных элементов — точек. Будем называть такие геометрии и соответствующие им структуры унарными. Кулаков нашел, что на основе указанных выше ключевых положений можно построить математическую конструкцию (теорию бинарных физических структур) на двух множествах элементов, когда отношения задаются между парами элементов из двух разных множеств. Как и в унарных структурах, полагается, что имеется закон (некая функция, обращающаяся в нуль) для r элементов одного множества и s элементов второго множества. Теперь ранг задается двумя целыми числами (r, s) . Принцип фундаментальной симметрии означает, что закон должен выполняться для любых r элементов из первого множества и любых s элементов из второго множества. На двух множествах элементов по прежним правилам получается содержательная теория, во многом похожая на теорию унарных физических структур. Более того, она оказалась даже проще теории на одном множестве элементов. Решая соответствующие фундаментальной симметрии функционально-дифференциальные уравнения, удалось найти сразу решения для всех возможных рангов и показать, какие ранги возможны, а для каких нет решений в вещественных числах.

6.2.3. Как возникла теория физических структур

Следует отметить, что Ю. И. Кулаков пришел к идее построения теории физических структур, рассматривая отношения между элементами двух множеств элементов, т. е. начав с теории бинарных физических структур.

Все началось с его интереса к идеям астронома Н. А. Козырева. Когда в середине 50-х годов Кулаков учился в аспирантуре у академика И. Е. Тамма, ему попала на глаза брошюра Козырева, скорее всего, та же самая, которую потом читал и я в библиотеке ГАИШ. Вдохновившись идеями Козырева, Кулаков довольно быстро понял, что теории у автора по существу нет. Пытаясь ее построить исходя из интуитивных представлений Козырева, он ввел для обоснования псевдоскаляра в уравнения Ньютона дополнительную силу, зависящую от третьей производной по времени. Из такого уравнения стали появляться какие-то следствия. Юрий Иванович написал письмо Козыреву. Вскоре пришел ответ, в котором Козырев приглашал Кулакова приехать к нему в Ленинград для подробной беседы. Они встретились, поговорили, понравились друг другу. Козырев предложил сотрудничать, познакомил со своей лабораторией. Вид примитивных приборов из консервных банок как-то разочаровал Кулакова, но, тем не менее, он включился в работу.

В тот момент предсказаниями Козырева заинтересовались военные. Их привлекла якобы следующая из «теории Козырева» возможность новым способом определять координаты нахождения подводных лодок. Тогда начались походы подводных лодок подо льдами Северного Ледовитого океана, и старые методы ориентации по компасу не годились. Военные предоставили Козыреву самолет, оборудование, дали сопровождающих двух полковников из КГБ и предложили проверить его эффекты. Кулаков рассказал мне эпопею их полетов в Североморск, на Новую Землю, в Витебск, в Одессу. Везде они пытались измерить эффект изменения веса тела, испытывающего вибрации. Кулаков поведал мне, как с самого начала их работа в военных лабораториях не складывалась. Потом в Североморске вдруг что-то стало получаться.

Военные уже потирали руки и поздравляли с успехом, советовали возвращаться в Ленинград и писать докторские диссертации. Потом опять стало не получаться, причем ни в одном, ни в другом городе. Встал вопрос, почему в Североморске получалось. Выяснилось, что получалось от того, что в призмочке весов оказалась шербинка. В итоге был полный конфуз, никакого эффекта обнаружено не было.

После постигших неудач Кулаков постарался осмыслить возможности изменений второго закона Ньютона, на который опирается вся классическая механика. Пришлось ввести в рассмотрение два множества элементов. В качестве одного множества элементов выступали ускоряемые тела, а второе множество составляли ускорители (источники силы). Отношениями являлись ускорения масс (элементов одного множества) под действием сил (элементов второго множества). Анализируя связь воздействий различных ускорителей (сил) на различные ускоряемые тела, Кулаков пришел к открытию простейшей физической структуры ранга (2,2) на двух множествах элементов. С этого все и началось. Теория структур на одном множестве элементов (унарные структуры), которая соответствует реляционной переформулировке общепринятых геометрий с симметриями, возникла уже позже.

Ученик Кулакова Геннадий Григорьевич Михайличенко, бывший тогда его аспирантом, решил математическую задачу в общем случае. Результаты были опубликованы в ДАНе СССР и в других журналах. На основе этого результата им была написана и представлена в Ученый совет физического факультета Новосибирского университета кандидатская диссертация. Все шло нормально. На защите оппоненты выступили с положительными отзывами, отрицательных выступлений не было, но Ученый совет проголосовал против. По положениям ВАКа можно было бы опротестовать решение Ученого совета, но Кулаков с Михайличенко поступили иначе, — они стали выступать на семинарах и в группах всех членов Ученого совета, объехали ряд научных центров страны, включая Москву и Казань (видимо, тогда Кулаков выступал и на семинаре Д. Д. Иваненко в МГУ), и через 2 года состоялась повторная защита той же самой диссертации. На этот раз Ученый совет проголосовал единогласно «за».

Наверное, такова судьба всех нестандартных работ. Хотите спокойно защищаться, не делайте в своих диссертациях научных открытий, не посягайте на основы сложившихся представлений. Выбирайте спокойную, рутинную задачу в рамках общепринятой парадигмы. Делайте и считайте так, как до Вас делали и считали многие другие, не скупитесь цитировать сильных мира сего. Только позаботьтесь, чтобы Ваши выкладки были достаточно наукообразны и были по соседству с решенными задачами авторитетных коллег. Тогда Ваша работа будет диссертательна и от провала Вы будете застрахованы.

За прошедшее с тех пор время Юрий Иванович построил для себя достаточно глубокую и содержательную систему физического мироздания, названную им теорией физических структур. Она была для него одновременно физической и математической теорией, философией естествознания и даже религией. Согласно Кулакову, Бог прежде, чем создать наш мир, сформулировал теорию физических структур и только затем на ее основе сотворил мир. Он был убежден, что над нашим миром имеется мир «высшей реальности» (мир идей), а все, что мы видим, с чем имеем дело, представляет собой только жалкие тени мира высшей реальности. Задача ученого состоит в том, чтобы

по этим теням разгадать принципы мира высшей реальности. Для выражения своих взглядов он нашел оригинальный образ: человек (физик), сидящий в платоновской пещере спиной к танцующей у костра женщины, пытается составить о ней представление по ее теням на стене пещеры. Танцующая женщина олицетворяла мир «высшей реальности».

Открывшаяся гармония теории физических структур буквально потрясла Юрия Ивановича, несмотря на то что он нашел проявление ее законов лишь в ограниченной области классической физики. Здесь мы имеем в виду законы Ньютона, Ома, а также некоторые закономерности термодинамики и геометрии. Его нисколько не смущало, что физика ушла далеко вперед от этих устоявшихся разделов и на повестке дня были уже проблемы квантовой теории, устройства элементарных частиц, закономерности общей теории относительности, не охватываемые работами его группы. Он был глубоко уверен в том, что законы физических структур можно будет распространить и на эти области физики, но считал эту задачу прикладной. Разгадав замысел Творца мироздания, Кулаков чувствовал себя счастливым и был благодарен Богу за то, что он раскрыл высшую тайну природы.

6.2.4. Штрихи к портрету Ю. И. Кулакова

Вся дальнейшая жизнь Юрия Ивановича была посвящена обработке добытой истины. Он занимался переформулировками теории физических структур, поиском более глубокой математики для ее выражения, аксиоматикой теории, идеологической и философской обработкой полученных результатов. По своей природе он был идеологом, а не вычислителем. Это, безусловно, признавали его ученики Г. Г. Михайличенко, В. Х. Лев и другие, взяв на себя сугубо математические аспекты теории физических структур.

А еще больше он был романтиком, витавшим в облаках идей, и это доставляло ему высшее наслаждение. Распространяя законы физических структур, а точнее, идеологию, с ними связанную, на весь мир, он везде стремился найти подтверждение своим мыслям. В частности, он считал, что Инь и Ян в восточной философии соответствуют двум множествам теории бинарных физических структур. О всех результатах и соображениях он любил рассказывать в самых разнообразных аудиториях, начиная от профессионалов и кончая дилетантами, причем делал это с большим мастерством и воодушевлением, что придавало его выступлениям непривычный эстрадный оттенок. Всегда рисовались картинки с пещерой и танцующей женщиной, чертились схемы в виде пирамиды соотношений различных разделов физики, конечно с изображением ТФС на вершине пирамиды, говорилось о головокружительных перспективах построения картины мироздания на основе его теории. На аудиторию, особенно на тех, кто его слушал впервые, это производило неизгладимое впечатление. Для дилетантов это были наукообразные шоу, для профессионалов — необычный угол зрения на давно известные истины.

Но жизнь оказывалась значительно богаче тех представлений, которыми располагал Кулаков, и, строго говоря, она не укладывалась в его конструкцию. И тогда Юрий Иванович начинал фантазировать, дополнять теорию физических структур некими «надструктурами». В число таких разделов, например, входили синергетика и открытия Пригожина, феноменология, связанная с золотым сечением, соотношения различных масштабов физических

и биологических явлений и многое другое. Все эти вопросы Юрий Иванович очень любил затрагивать в своих выступлениях, причем переходил к ним незаметно. У дилетантов складывалось впечатление, что все это тоже следует из теории физических структур, а профессионалы недоуменно пожимали плечами, и тень сомнения падала на всю теорию физических структур.

К этому следует добавить исключительную любознательность Юрия Ивановича и чрезвычайно широкий диапазон его интересов. Например, его увлекали все яркие, неординарно проявившие себя личности. Он общался с астрономом Козыревым, с академиком-диссидентом А. Д. Сахаровым, с опальным математиком Р. И. Пименовым, с рядом художников. Прослышав про «труды» минского физика Вейника, специально ездил в Минск, чтобы лично с ним поговорить и прочувствовать его идеи. Здесь не буду перечислять, сколько конференций и сборищ разнообразных экстрасенсов, колдунов и магов он посетил. Однако, как правило, после первого дня работы подобных собраний Кулаков покупал обратный билет и стремился откреститься от таких контактов. Но его приглашали, и он опять ехал.

Суть Юрия Ивановича прекрасно отражена в ряде стихотворений его поклонниц. Приведу несколько из них. Так, И. И. Тычинская написала специальное стихотворение «Юрию Ивановичу Кулакову», в котором были такие слова:

Вы живете как хотите —
То Рублев, то Нефертити,
То Мещера, то пещера,
То забытый эмигрант,

Менделеева система,
Аксиома, теорема,
Иль наук оккультных тема —
Есть на все у Вас талант.

Тайны мрачные пространства,
И любви непостоянство,
И ошибки кантианства —
Нет достойней тем для Вас.

Не забот житейских бремя
Тяжко давит Вам на темя,
Что есть Бог и что есть время —
Вот проблема в самый раз.

Всей Вселенной постиженье
И единство выраженья,
Как науки достиженье
Не устанете искать.

Другая почитательница теории физических структур, принимавшая участие в ряде последующих школ-семинаров по ТФС. В. П. Дмитренко так писала о Кулакове:

Итак: ученый высшего полета,
Сравнить охота с ним кого-то.
Но нет! Ни Поппера, ни Куна,
Которых балует фортуна
И разлагает Запад дикий.
(Они по-своему велики.)

Ни Волькинштейн и не Пригожин
На Кулакова не похожи.
Сегодня скажем прямо: с ним
Никто нисколько не сравним!
Отец и Сын и Дух структуры
Известной аббревиатуры.

И не все так было гладко,
Трудно было и несладко.
При известном оптимизме
Юр. Иваныча по жизни,
Отрывая от Земли,
Руки добрые несли.

Бюрократы и дельцы,
Разных рангов подлецы
Как ни бились, ни старались
Ничего не добивались.
И про «Белые одежды»,
Знать, не ведали невежды.

Не взирая на невзгоды,
Не завися от погоды,
Юр. Иваныч процветал,
Неизменно утверждал:
— Каждому ведь от природы
Даны степени свободы.

А отличия субъектов
Так же, как любых объектов,
В их количестве, в наборе,
Проявления ж их в споре,
В споре с временем, с собой,
А потом уже с толпой.

Утверждать он не устал:
— Миром правит не металл,
А Природы красота,
Совершенство, простота!
Жизнь должна быть интересной,
А наука — бесполезной.

6.3. Первая школа по теории физических структур

Продолжая присматриваться к теории Кулакова, я где-то в 1983 г. сформулировал в письме к нему очередной ряд вопросов по ТФС. В ответном письме он попытался кое-что разъяснить и здесь же сообщил, что летом 1984 г. будет проводиться школа по ТФС в Хакасии на озере Баланкуль и что он приглашает меня в ней участвовать, чтобы все обсудить как следует. Потом он прислал официальное приглашение с перечнем экскурсий, которые нас ожидают в предгорьях Саян во время работы школы.

6.3.1. Организация школы

Мне пришлось участвовать во многих научных конференциях, школах и совещаниях, как отечественных, так и международных. Но первая школа по теории физических структур (ТФС) на озере Баланкуль, организованная в августе 1984 г. Юрием Ивановичем Кулаковым под эгидой Новосибирского университета на базе Абаканского педагогического института, не только оказалась ни на что предыдущее не похожей, но и оставила во мне глубокий след, фактически положив начало новому этапу исследований.

Откровенно говоря, в научном плане я многого от этой школы не ожидал. Я знал, что среди участников школы практически не будет авторитетных ученых. Сам Кулаков среди коллег больше слыл чудачком и фантазером. Однако летнее время школы, сибирская экзотика, Енисей (а я восточнее Целинограда до тех пор не бывал) породили во мне туристический азарт. И я со своим учеником Валерием Гавриловым, тогда студентом 5-го курса физфака МГУ, решили принять приглашение.

Работа школы проходила в помещении пионерского лагеря на берегу озера Баланкуль, в переводе с хакасского «Оленье озеро». По форме оно напоминало восьмерку — состояло из двух примерно равновеликих овальных озер, соединенных перемычкой. Один из холмов, нависающих над озером был значительно выше других. Он назывался Шаман-горой. И озеро, и Шаман-гора у хакасов считаются священными. Здесь в этом святом живописном месте среди древних хакасских могильников, разбросанных по склонам холмов (предгорий Саян), мы пробыли полторы недели.

Лагерь здесь оказалось два: один был непосредственно на берегу озера, а другой находился чуть выше, напротив Шаман-горы. Часть участников разместили в нижнем лагере, а несколько человек по указанию Кулакова поселили в верхнем. Как я потом понял, это были наиболее квалифицированные участники школы. Среди них оказались сам Кулаков, его ближайшие ученики Гена Михайличенко с женой и сыном, Володя Лев, а также Виктор Иванович Шахов — выпускник физфака МГУ (конца 40-х годов), работавший доцентом в Московском институте железнодорожного транспорта, мы с Валерой и еще два молодых человека. Всего здесь проживало человек десять. Это по существу и был научный актив школы.

Оставшиеся в нижнем лагере были людьми других профессий: Татьяна Петровна Григорьева, доктор филологических наук из Москвы, специалист по восточной культуре, Нина Николаевна Якимова, астроном, кандидат физико-математических наук из Москвы, Иосиф Шехтелевич Шевелев, архитектор из Костромы, Ольга Петровна Степанова с сыном-физиком, тогда студентом



Ю. И. Кулаков поднимает флаг 1-й школы по теории физических структур (ТФС-1) на озере Баланкуль (11–27 августа 1984 г.). Фото автора

151

физтеха из Москвы, доцент-физик Я. Эйдуc с женой из Риги, еще несколько человек из Новосибирска и Абакана, один молодой человек из Ижевска и один из Черновцов — всего человек пятнадцать. Итого, с учетом еще нескольких присоединившихся позже было около 30 участников школы. Компания собралась довольно пестрая и даже парадоксальная. Можно ли было ожидать от такого состава полноценной научной школы по физике? Каков мог быть уровень этой школы и что могло связать столь разных людей?

Но жизнь оказалась богаче, чем можно было ожидать из простой арифметической раскладки. Утром состоялось торжественное открытие школы. Мы расположились в самых вольных позах, кто лежа, кто сидя, на лужайке для пионерских сборов нижнего лагеря. По лагерной радиотрансляции зазвучал дивертисмент Вебера, в дальнейшем ставший гимном нашего движения по ТФС. Под звуки дивертисмента на лагерном флагштоке взвился трехцветный флаг, — оранжево-бело-голубой — с цветком эдельвейса в середине, который развивался все дни работы школы. После подъема флага со сцены выступил Кулаков, рассказавший об истории теории физических структур. Потом выступил с приветствием начальник пионерского лагеря. Затем была



Ю. И. Кулаков со своими учениками и последователями на школе ТФС-1 на озере Баланкуль. Стоят слева направо: В. Х. Лев, Ю. И. Кулаков, В. И. Шахов и Г. Г. Михайличенко. Фото автора

оглашена научная и культурная программа школы, и мы отправились в пионерскую комнату верхнего лагеря слушать первые доклады.

Как правило, мы работали 3 часа до обеда, примерно столько же после обеда, а после ужина опять собирались все вместе на культурную программу. На научных заседаниях, в основном, выступал Ю. И. Кулаков. Фактически он прочитал цикл лекций по теории физических структур. Он подробно изложил свое понимание физических структур и рассказал об основных их приложениях. Его выступления изобиловали обширными мировоззренческими и философскими отступлениями. В подтверждение своих взглядов он приводил цитаты классиков науки. Многие соображения он пояснял наглядными образами и сравнениями. Говоря о сути и назначении науки, он как всегда, нарисовал платоновскую пещеру с костром посередине и танцующей женщиной.

Еще он рисовал схему в виде дерева, поясняющую связи между различными разделами физики. Было множество и других образных сравнений. Получалось так, что для каждого из слушателей находилось что-либо интересное. Единственное, что требовалось от участников школы — это искренняя заинтересованность разобраться в устройстве мироздания. Для неспециалистов неясные им математические аспекты теории создавали некий ореол таинственности, еще больше возбуждавший их воображение, оставляя ощущение причастности к сокровенным тайнам мироздания.

Мне же была ясна цена цитат и идеологических лирических отступлений, — я их воспринимал как описания природы при чтении художественной литературы. Украсить цитатами и сравнениями я и сам мог не хуже — было бы что украшать. А в данном случае, действительно, красивая идея и ее достаточно строгое математическое развитие создавали стройную конструкцию. Мне не трудно было выделить ее суть из шелухи украшений. Погрузившись за время работы школы в теорию физических структур Кулакова, я понял ряд тонкостей, ранее ускользавших от меня. Кроме того, задавая множество вопросов

Кулакову как во время докладов, так и между заседаниями, я смог выявить как сильные, так и слабые стороны его теории. ТФС была для Кулакова одновременно математической и физической теорией, а также философской системой и даже искусством.

Несколько раз мы делали перерывы в научной программе для экскурсий. В один день мы отправлялись в поход к старым заброшенным золотым рудникам, в которых еще во время войны добывали золото, а потом из-за недостаточного высокого процентного содержания золота законсервировали. По полдню было отведено на экскурсии на Шаман-гору и к вершине соседней горы. Это были сказочные экскурсии! Стоило немного отойти от лагеря и мы попадали на поляны с эдельвейсами, — теми самыми, о которых в Карпатах или на Кавказе слагают легенды. А тут в Саянах их хоть косой коси.

6.3.2. Дискуссии о сути и развитии ТФС

Конечно же, во время этих прогулок продолжались научные дискуссии. Никогда не забуду, как по пути к пещере я рассказывал Кулакову о своем понимании искомого оснований физики и физической картины мира. Это были, можно сказать, глубоко выстраданные размышления о причинах неудач попыток совмещения принципов общей теории относительности и квантовой теории, о необходимости вывода классических пространственно-временных представлений из неких более глубоких закономерностей физики микромира. Я был рад возможности их изложить заинтересованному человеку. Помнится, я говорил о них с жаром, пытаясь их как-то связать с услышанным на школе. Я уже тогда почувствовал важность математического аппарата теории физических структур для решения волновавших меня проблем. Кулаков сначала внимательно слушал, время от времени задавал вопросы, а потом вдруг стал возражать, причем достаточно эмоционально. Я попробовал отстаивать свои взгляды, а он со мной не соглашался.

Вскоре я понял, в чем дело. Для меня теория физических структур является лишь средством для решения названных мною проблем фундаментальной физики, тогда как для Кулакова ТФС уже является решением проблем мироустройства, основой его мировосприятия. Мне было очевидно, что построенная им теория структур является довольно общей теорией возможных систем отношений и тем самым представляет собой шаг в развитии реляционной парадигмы, к которой я тогда склонялся. Но Кулаков категорически не желал примыкать ни к одной из уже сложившихся в науке парадигм, а считал себя основателем совершенно нового направления в физике. Он был абсолютно уверен, что, создав теорию физических структур, он достиг высшего на данный момент понимания мира: «С чего бы начал Бог, приступая к сотворению мира? Прежде всего, он бы ввел физические структуры, а из них бы стал выводить отдельные физические законы, и лишь потом бы стал создавать все остальное». Для него структуры были высшим проявлением божественной закономерности, а имевшиеся в ТФС белые пятна его не смущали. Мне же хотелось ему объяснить, что в физике существует несколько парадигм, имеющих право на существование, и что за физическими структурами могут лежать еще более глубокие принципы.

Тогда мы так и не смогли договориться. Но эта дискуссия фактически возобновлялась при каждой следующей встрече. Впоследствии, мне кажется, он



Группа участников летней школы ТФС-1 на озере Баланкуль: В. Р. Гаврилов, Ю. Жилин, В. В. Муратов, С. В. Нагаев, В. Х. Лев, Вадим ?, В. И. Шахов, П. П. Трохимчук, Ю. И. Кулаков, Т. П. Григорьева, С. В. Степанов, О. П. Степанова, Я. Эйдуc, Г. Г. Михайличенко.

Фото автора

154

несколько отступил и стал терпимее относиться к правомерности различных парадигм. По всей вероятности, в процессе этих дискуссий мы оба приобрели много нового, по крайней мере, это касается меня. В конце концов его структуры были мной использованы при построении бинарной геометрофизики, которая, как мне кажется, является еще одним шагом на пути развития реляционной парадигмы. Надеюсь, Кулаков не кривил душой, когда на одной из последующей школ (в Пущине) надписал на ранее подаренной мне своей книге «Элементы теории физических структур» очень теплые слова:

«Дорогой Юрий Сергеевич!

Я считаю большим подарком Судьбы встречу с Вами на Баланкульской школе ТФС-1. Надеюсь на новые жемчужины, которые Вы извлечете из синтеза теоретической физики с теорией физических структур».

Вспоминается и еще одна дискуссия с Володей Львом и Геней Михайличенко по дороге на заброшенные золотые рудники, когда обсуждалась возможность введения физических взаимодействий в рамках теории физических структур. В основе ТФС, как известно, лежит понятие своеобразной феноменологической (фундаментальной) симметрии. В физике тоже есть симметрии, и в то время было принято связывать понятие взаимодействия с нарушением симметрий, с так называемой их локализацией в рамках калибровочного подхода. Исходя из этого возникал вопрос, как совместить такой подход к взаимодействиям с принципами ТФС: нужно ли их аналогичным образом локализовывать, т. е. нарушать, или есть способ ввести взаимодействия, не нарушая структуры? К нашей дискуссии присоединился и Кулаков. К окончательному

ответу тогда мы так и не пришли. Но этот разговор и даже детали дороги, по которой мы шли, четко врезались в память. (Вокруг нас на равнине были разбросаны каменные столбы над хакасскими могильниками.) Потом я неоднократно возвращался к этому разговору, но смог ответить на поставленный тогда вопрос лишь спустя 4 года.

Кроме Кулакова на школе выступали его ученики Владимир Хананович Лев и Геннадий Григорьевич Михайличенко с изложением отдельных математических деталей ТФС. В их докладах не было идеологии. Они были практиками, а за физическую интерпретацию и идеологическое обоснование программы отвечал Юрий Иванович. С Володей и Геной мы тогда крепко подружились. Впоследствии я был официальным оппонентом на защите кандидатской диссертации Льва и докторской диссертации Михайличенко.

Очень помог нам своими бесчисленными вопросами и неиссякаемой заинтересованностью в развитии ТФС Виктор Иванович Шахов. Внешне ершистый, упрямый и суетливый, а по сути добрейший и заботливый человек, стал для меня таким же другом, как и для Кулакова. Я сейчас просто не представляю себе нашего движения по развитию ТФС и ее приложений без Виктора Ивановича Шахова. Фактически он стал историком по ТФС и хранителем традиций.

Несколько лекций прочитал на школе и я. Однако мои лекции внешне не соответствовали тематике школы. Одна лекция была посвящена многомерным геометрическим моделям физических взаимодействий типа теорий Т. Калуцы и О. Клейна, вторая — проблемам квантования гравитации, третья — обсуждению различных физических парадигм. Еще я рассказывал про теорию прямого межчастичного взаимодействия. Меня вежливо слушали, некоторые даже внимательно, но, видимо, у большинства в голове возникал вопрос: а какое отношение это имеет к физическим структурам? Если бы меня тогда так напрямую об этом спросили, то я бы сам затруднился ответить. Только спустя несколько лет стало ясно, что в этих выступлениях фактически закладывались основы нового направления, которое я назвал бинарной геометрофизикой (реляционной теорией пространства-времени и взаимодействий). В математическом плане эта теория базируется на обобщении теории бинарных физических структур Кулакова, а в физическом плане опирается на

155

- а) концепцию дальнего действия, точнее, на теорию прямого межчастичного взаимодействия Фоккера—Фейнмана;
- б) принципы многомерных геометрических моделей физических взаимодействий типа теорий Калуцы и Клейна;
- в) понятия теории систем отсчета в ОТО;
- г) физические идеи о макроскопической природе (выводимой из свойств физики микромира) классического пространства-времени.

Но мог ли я тогда сам представить, как в дальнейшем сольются принципы этих столь различных, на первый взгляд, теорий!?

Короче говоря, те 10 дней на Баланкуле оказались для всех нас каким-то неведомым раньше пиршеством ума и духа. Мы испытывали глубокое наслаждение от дружеского общения, от обилия высказанных идей и гипотез, пусть зачастую сырых, но привлекающих, возбуждающих мысль, от гармонии научных идей, от ощущения прикосновения к неведомым ранее тайнам устройства мироздания. Все это усиливалось красотой природы и легендами,

придававшими этой местности, озеру, горам и разбросанным повсюду древним могильникам, какое-то особое таинственное очарование.

Потом я неоднократно пытался осмыслить, почему эта школа дала нам так много, почему она оставила ощущение праздничности и так всех нас сдружила. Ведь ничего подобного я не испытывал ни на одной другой конференции или школе. Как правило, на конференциях все проходит сухо, официально, казенно. Каждый зачитывает свой доклад или сообщение за отведенные 10, 15 или 30 минут, и его сменяет следующий выступающий. Иногда раздаются аплодисменты, но обычно — вежливые хлопки. Как правило, бывают и культурные программы с посещением красивых мест, но и это выглядит как привычное культурное мероприятие. Все по определенным правилам заканчивается в 3–5 дней. Но тогда на Баланкуле все происходило иначе.

Размышляя над этими вопросами, невольно приходишь к выводу, что успех школы на Баланкуле обязан нескольким факторам. Во-первых, школа была посвящена яркой, конкретной и перспективной теме. Анализировалась живая идея (комплекс идей) в своем развитии, когда участники ощущают впереди прелесть нехоженных дорог, новых открытий, неизведанных приложений. Во-вторых, центральная идея являлась фундаментальной, относящейся к самым глубинным основам мироздания. Это позволяло прикоснуться к самым серьезным проблемам, до самого последнего времени входящим в компетенцию философии и религии. В-третьих, нужно было, чтобы собрались люди, действительно искренне желающие разобраться в принципах мироздания, преданные науке и истине, — те люди, которые не стремятся лишь иметь еще одну научную статью, поскорее защитить диссертацию или извлечь из науки какие-то блага. «Наука должна быть бесполезной, — только тогда она наука», — так любил повторять Кулаков. Далеко не все с этим согласятся, но доля истины в этом есть. И, в-четвертых, благодаря Юрию Ивановичу было достигнуто очень редкое единство, гармония между наукой и искусством.

После школы на Баланкуле у меня появилось интуитивное ощущение важности теории физических структур и стоящего за ней принципа мышления, которое постепенно сменилось убежденностью, что этот круг идей необходим для развития моей стратегической программы. Приступив к активной работе в этой области, я стал выступать на эту тему, обучать своих учеников основам теории физических структур и пропагандировать ее идеи среди коллег.

В итоге пришло понимание, что необходимый математический аппарат для реализации моей программы можно извлечь из математической части теории физических структур. Ведь в этой теории во главу угла поставлены *отношения* между некими элементами, причем как парные, так и между большим числом элементов. Если отвлечься от данного Кулаковым идеологического обрамления и забыть данные им физические приложения, то окажется, что *математический аппарат теории физических структур представляет собой не что иное, как универсальную алгебраическую теорию отношений между элементами произвольной природы.*

Школы по теории физических структур

Я думаю, что с полной уверенностью можно сказать, что в недалеком будущем физикам предстоит открыть еще очень много нового и интересного, и уместно вспомнить слова Гамлета: «Есть многое на свете, друг Горацио, что и не снилось мудрецам». Так было триста лет назад, во времена Шекспира, и так будет всегда¹.

П. Л. Капица

После завершения первой школы ТФС-1 в 1984 г. наступил новый этап уже совместных исследований реляционного подхода к геометрии и физике на базе теории физических структур двух групп: Ю. И. Кулакова в Новосибирском университете и нашей в Московском университете. Сначала наше сотрудничество с Ю. И. Кулаковым происходило во время его приездов в Москву. Как правило, он выступал на нашем физфаковском семинаре «Гравитация и микромир», а по вечерам мы, как правило, собирались либо у меня дома, либо у Виктора Ивановича Шахова, либо наносили визит Татьяне Петровне Григорьевой, участнице школы в Баланкуле. За дружеским столом обстоятельно обсуждались проблемы ТФС и полученные в наших группах новые результаты. Деловые беседы завершались культурной программой. У Юрия Ивановича всегда находились какие-нибудь новые интересные материалы, например, слайды картин Сальвадора Дали, Шагала или неизвестные нам стихи Бродского, статьи диссидентов.

Несколько раз и я летал в Новосибирск к Кулакову. В то время на физфаке мне не отказывали в предоставлении командировок внутри страны: требовалось лишь какое-нибудь официальное приглашение на конференцию, совещание или семинар. Какие-то оказии по близким вопросам случались, и Кулаков присылал мне приглашения. Селили меня в гостинице Академгородка или я останавливался прямо у Кулакова дома. Тогда же я выступал на специально организованных в Новосибирском университете семинарах. А в остальное время было множество разговоров по проблемам ТФС с Юрием Ивановичем и его учениками дома за столом, а также во время прогулок по Академгородку или в ходе различных экскурсионных поездок по Новосибирску и его окрестностям. Нередко, уже перед сном, Юрий Иванович давал мне самиздатовские фолианты размышлений и воспоминаний интересных людей, главным образом, диссидентов. Полночи уходило на захватывающее чтение.

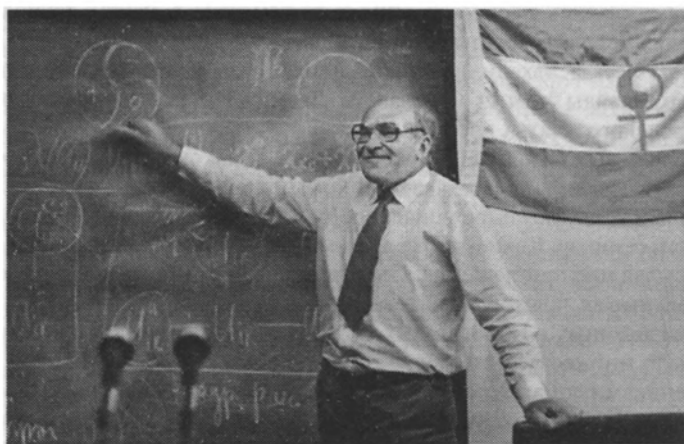
¹ Капица П. Л. Будущее науки // П. Л. Капица. Эксперимент. Теория. Практика. М.: Наука, 1981. С. 406.

Встретившись на одном из таких совещаний в Новосибирске, проходившем с 20 по 27 апреля 1987 г., мы с Юрием Ивановичем пришли к выводу, что со времени 1-й школы на Баланкуле в наших группах накопился довольно большой материал по ТФС и возникло множество новых соображений и вопросов. Так возникла мысль о проведении следующей школы.

7.1. Три школы по ТФС в Пущине-на-Оке

В те годы у меня был аспирант Алеша Карнаухов, с которым мы работали над проблемами ТФС и смежными вопросами в фейнмановской формулировке квантовой теории. Его отец Валерий Николаевич Карнаухов был в то время заместителем директора Института биофизики АН СССР в г. Пущине-на-Оке, и он согласился предоставить нам помещения института для совместного обсуждения проблем теории физических структур. Воспользовавшись предоставленной возможностью, мы провели там с 1 по 10 августа 1987 г. 2-ю школу по ТФС, пригласив на нее, во-первых, своих учеников а, во-вторых, коллег, проявлявших интерес к этой проблематике.

Вплоть до 1991 г. школы по ТФС стали проводиться ежегодно. Самыми плодотворными были три школы ТФС-87, ТФС-88 и ТФС-89 (2-я, 3-я и 4-я), также организованные в Пущине². Это были едва ли не самые счастливые дни нашей жизни, ставшие продолжением праздника ума и души, подаренного нам на Баланкуле. У меня и, уверен, у других участников школы было ощущение какого-то радостного душевного подъема, творческого научного поиска, причем в тесном содружестве со своими коллегами-единомышленниками, когда можно поделиться самыми сокровенными соображениями и обсудить любые идеи, не думая о том, как ты при этом будешь выглядеть: солидно или глупо.



Ю. И. Кулаков выступает на 2-й школе по ТФС в Пущино (1–10 августа 1987 г.). Фото автора

² 3-я школа состоялась с 31 июля по 9 августа 1988 г., а 4-я школа работала с 13 по 22 октября 1989 г.



Группа участников летней школы ТФС-2 в Пущино



Группа участников летней школы ТФС-3 в Пущино (31 июля – 9 августа 1988 г.). В первом ряду: В. И. Шахов, Е. Афанасин, Ю. И. Кулаков, Ю. С. Владимиров, ?, Е. Лозицкий. Во втором ряду: А. Н. Карнаухов, К. Самохвалов, В. Х. Лев, Е. Савельев, Б. Г. Алиев, В. Г. Кречет, Р. И. Пименов

Обстановка была предельно доброжелательной и бескорыстной. Все мы чувствовали, что через структуры имеем возможность не только приблизиться, но и непосредственно прикоснуться к великим тайнствам мироздания, спрятанным за шелухой сложившихся стереотипов. Более того, мы были убеждены, что распутываем хитросплетения «Божественного замысла».

Атмосфера, царившая на школах ТФС в Пушкино, была прекрасно передана в стихах участницы школы Валентины Павловны Дмитренко, доцента-физика из Уссурийска:

И, если Пушкино — Олимп,
К нему нас привели дороги,
То те, кто здесь сегодня — Боги!

Свои ощущения в самом начале очередной школой она выразила словами:

Ведь известно изначально:
То, что просто, — гениально.
И вот эту простоту,
Совершенство, красоту
И основу мироздания
В клетках нашего сознания
На основе физструктур,
Матриц, групп и сигнатур
Будут строить наши Боги,
Излагая вдохновенно
Результаты и итоги
Постижения Вселенной.
Мы же будем им внимать.
Нас не будет покидать
Ощущенье чуда, сказки,
Не имеющей развязки,
Так как замысел Творца
Не постигнуть до конца.

Настроения праздника охватывало участников с первых мгновений церемонии открытия школы и не покидало до ее закрытия.

Ока. Пушкино. И снова
Здесь звучит в начале Слово,
А в торжественный момент —
Вебера «Дивертисмент».

Под звуки «Дивертисмента» на возвышении возле доски Ю. И. Кулаков укрепляет флаг — символ движения ТФС. В. П. Дмитренко дала следующее описание и расшифровку символики флага:

ТФС — это ученье,
Философское течение,
Мыслей, чувств, догадок сфера
И религия, и вера.
У религии любой —

Атрибут и символ свой.
ТФС — других не хуже,
Атрибутом флаг ей служит
С огненною полосой,
Затем: белой, голубой.

Нижний цвет здесь — возгоранье,
Жажда и огонь познания,
Белый — это лист бумаги —
Символ чести и отваги,
Поле утреннего снега,
Остановленного бега,
За которым будет старт,
А затем такой азарт!
Озарений и открытий
Из подмножества событий.

И на этом белом поле
Выступает в главной роли
Древний символ Инь и Ян
Из восточных дальних стран.
В нем структура с аморфией
И устойчивость с стихией
Тесно так переплелись
И в единое сплелись.

Т-образный постамент
Превратил в один момент
Этот старый символ веры
Прямо в зеркало Венеры.

Достоевский неспроста
Утверждал, что красота
Дана миру во спасенье
Для любви и возрождения.

И кому как не Венере
Быть в Платоновой пещере,
Вечером или с утра
У астрального костра
В упоеньи танцевать,
В тайны мира увлекать,
Создавая на стене
Сонм причудливых теней.

Ну, а самый верхний слой —
Цвет небесный, голубой —
Символ нашей ноосферы,
Соткан он из чистой веры,

Из надежды и любви
И из Спаса на крови.
И оттуда слышен глас
Всех, кто был в веках до нас.

Работали мы очень напряженно. Почти каждый день проходило по два заседания: утреннее (с 10 до 14 часов) и вечернее (с 16 до 19 часов), а после ужина опять собирались на культурную программу. На утренних заседаниях заслушивались обстоятельные лекции по основам ТФС и ее развитию. Эти лекции читались, главным образом, Ю. И. Кулаковым и мною, а также 1–2 лекции прочитали ученики Юрия Ивановича Г. Г. Михайличенко и В. Х. Лев. На послеобеденных заседаниях заслушивались отдельные сообщения с конкретными результатами по ТФС или по смежным вопросам теоретической физики.

Конечно, основная нагрузка по организации и проведению школ ложилась на нас с Ю. И. Кулаковым и мы по-очереди читали основные лекции. Юрий Иванович как патриарх представлял и разъяснял основы теории физических структур, а я, как председатель оргкомитета, на основе ТФС развивал свою программу бинарной геометрофизики. Вот как В. П. Дмитренко охарактеризовала наш дуэт с Кулаковым:

Боги меж собой равны,
Этим, видимо, сильны.
Прямо в рифму ТФС
Встал Владимиров Ю. С.
(Высший промысел в начале
Проследим не раз и дале.)

Потому совсем не странно
Сын Сергея, сын Ивана
В силу общности Природы
Независимо от моды
И в различны времена
Получили имена
Совершенно идентичны,
По-физически лиричны.
Громко крикните: «Структура!»
Эхо вам ответит: «Юра!»

Утверждение не ново,
Что в начале было слово.
Но начало есть начало,
Продолжать его пристало.
Юр. Сергеича удел:
Меньше слов и больше дел!

Демонстрируя всей школе,
Что покой и что есть воля, —
Для известной сигнатуры
Стал сливать он две структуры:

Три—три «б» и два—два «а», —
 Это новая глава
 В доброй старой ТФС, —
 Шаг вперед или прогресс.

Относясь благоговейно
 Он к трудам Калуцы, Клейна,
 Связь прямую увидал,
 А, верней, — ее создал.
 ТФС плюс многомерье —
 В них предвиденье, преддверье
 В мире множества событий
 Достижений и открытий.

На протяжении всех наших школ содержание докладов Юрия Ивановича мало изменялось. На трех школах в Пушкине он под разными названиями читал лекции по основаниям ТФС — на 2-й школе: «Что такое ТФС», «Теория физических структур»; на 3-й школе: «ТФС и ее место в физической картине мира», «Новая формулировка ТФС»; на 4-й школе: «Основы ТФС». На каждой из этих школ по одной лекции было посвящено переформулировке общепринятых геометрий через унарные физические структуры: на 2-й школе это была лекция «Что такое геометрия», на 3-й школе — «Геометрия как следствие ТФС», на 4-й школе «Геометрия с точки зрения ТФС». Кроме того, по одной лекции было посвящено приложениям ТФС в общей физике: на 2-й школе это была лекция «Физические структуры и термодинамика», на 3-й школе — «Кинематика и механика в ТФС», на 4-й школе — «Термодинамика и основания статистической физики в ТФС».

163

Наиболее содержательной, с новыми для меня мыслями была лекция Ю. И. Кулакова «Структуры и размерность физических величин», прочитанная на 2-й школе. В ней проводилась идея, согласно которой число физических размерностей типа сантиметр, грамм, секунда и так далее и число фундаментальных констант определяются количеством физических структур, задействованных в физической теории. Еще была одна лекция на 4-й школе, в которой делалась попытка изложить специальную теорию относительности в терминах композиции из двух физических структур: для времени и для пространства. Я не был согласен с таким представлением СТО и выступил с возражением, утверждая, что для описания СТО достаточно одной унарной физической структуры ранга 6.

Несколько лекций Юрий Иванович прочитал по другой тематике, не имеющей отношения к ТФС, например, я так и не уловил связи с ТФС содержания его лекции «Единый экологический ряд Вселенной».

Некоторые мои лекции на первых двух школах, на первый взгляд, также не относились к ТФС, но на последующих школах эта связь была установлена.

7.2. Пятая школа по ТФС во Львове

В феврале следующего, 1990 г., мы собирались в Казани, где провели довольно узкое совещание по теории физических структур. Казанские физики-гравитационисты были уже знакомы с работами Кулакова, который выступал



Группа участников семинара по ТФС в Казани (8 февраля 1990 г.):
Ю. С. Владимиров, Г. Г. Михайличенко, Ю. И. Кулаков, В. Х. Лев

у них на кафедре теории относительности и гравитации. Возглавлявший тогда кафедру профессор А. З. Петров отнесся к идеям Кулакова благожелательно и фактически их поддержал.

А уже летом (21–29 июня) того же 1990 г. мы провели очередную школу по ТФС во Львове, куда нас пригласил профессор В. Я. Скоробогатько (1927–1996 гг.), работавший в Институте прикладных проблем математики и механики Академии наук УССР. Произошло это далеко не случайно. Виталия Яковлевича заинтересовала теория физических структур, открывавшая новый взгляд на геометрию, а нас (скорее, меня), — развиваемая им многоточечная геометрия.

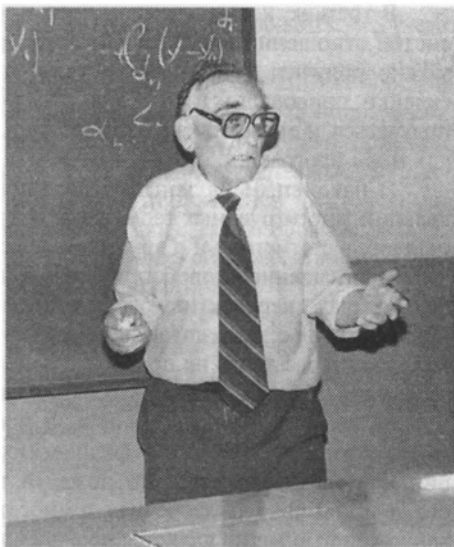
7.2.1. ТФС и многоточечная геометрия В. Я. Скоробогатько

Все мы привыкли, что в геометрии расстояние задается между двумя точками, причем это общее правило, относящееся как к евклидовой геометрии, так и к геометриям Лобачевского, Римана и другим. В искривленных многообразиях длина задается для двух бесконечно близких точек. То же самое можно сказать и про обсужденную выше теорию физических структур. Отношение, то есть вещественное или комплексное число, задавалось для двух элементов структуры (системы отношений).

А почему только для двух? А можно ли обобщить теорию на случай, когда отношение, то есть число (метрика) задается для трех элементов (точек), четырех или больше? В теории физических структур этот вопрос напрашивается сам собой. Ученик Кулакова Г. Г. Михайличенко, пытаясь ответить на него, задал отношение для трех элементов и ввел фундаментальный принцип симметрии на таком множестве. Действуя по правилам, установленным для парных отношений, он получил некую содержательную математическую конструкцию — теорию физических структур с тройными отношениями. Этот результат был приведен в математическом приложении Михайличенко к книге Ю. И. Кулакова «Элементы теории физических структур», изданной в 1968 г.

Открывался цикл задач для обобщений на случай структур с четверными и так далее отношениями, и все они соответствуют неким новым видам геометрий.

Так вот, оказывается, к подобной идее, но без соображений теории физических структур пришел и профессор В. Я. Скоробогатько. Конечно, он ранее ничего не слышал ни о Кулакове, ни о теории физических структур. Он шел совсем иным путем. Отталкиваясь от обычной (двухточечной) геометрии, он взял аксиоматику евклидовой геометрии и стал ее обобщать на случай трех, четырех и так далее точек. В итоге стали получаться некие геометрические конструкции, которые он назвал *многоточечными геометриями*.



В. Я. Скоробогатько (1927–1996 гг.)

Являясь первоклассным математиком, занимавшимся теорией дифференциальных уравнений, В. Я. Скоробогатько быстро установил связь таких геометрий с другими разделами математики. Ведь известно, что и общепринятые геометрии тесно связаны с другими разделами математики, в частности, с теорией групп, с алгеброй, с теорией дифференциальных уравнений. Это послужило импульсом для дальнейшего развития мысли. Известно, что основные уравнения физики являются дифференциальными. Если найдены дифференциальные уравнения, соответствующие многоточечным геометриям, то сразу же встает вопрос об их возможных проявлениях в физике. Таким образом, В. Я. Скоробогатько, можно сказать, прошел путь, подобный тому, который в свое время прошли Н. И. Лобачевский, К. Гаусс и Я. Бояи, только им была заменена (обобщена) другая аксиома евклидовой геометрии. Так же, как Лобачевский и Гаусс, Скоробогатько сразу же поставил вопрос о физических проявлениях открытых им новых геометрий.

Для меня работы Скоробогатько были интересны с нескольких точек зрения. Во-первых, оказалось бывшее увлечение аксиоматикой и интерес к обобщениям аксиом евклидовой геометрии. Это был пример еще одного выхода за привычные рамки, который не приходил в голову нескольким поколениям исследователей.

Во-вторых, знакомство с работами Скоробогатько позволили мне сразу же увидеть связь с теорией физических структур и с конкретным обобщением Михайличенко. Здесь меня больше волновали не вопросы приоритета, а развитие математического аппарата. Кулаков и Михайличенко шли от физики, тогда как Скоробогатько был профессиональным математиком. Соединение этих двух подходов расширяло исследовательский горизонт и давало надежду на новые интересные результаты.

В-третьих, к тому времени я уже осознал первичный характер бинарных систем отношений (структур). Из них при склейке разноименных элементов можно получить унарные структуры, причем имелось несколько способов склейки, приводящих в итоге к разным унарным геометриям. Среди них могли получаться и многоточечные геометрии. Это уже было особенно интересно для моей программы.

И наконец, меня заинтересовал поиск Скоробогатко физических проявлений многоточечных геометрий. В частности, он их искал в теории кристаллов, в статистике и в других разделах физики.

Приглашение Скоробогатко провести очередную школу по ТФС во Львове открывало перспективу обсуждения двух направлений, что могло придать новый импульс исследованиям во Львове, в Новосибирске, да и в Москве тоже. Кулакова долго не пришлось уговаривать: он любил перемену мест, путешествия, всегда был рад встрече с новыми интересными людьми.

Во время 5-й школы по ТФС и после нее мы с Виталием Яковлевичем много говорили о возможных физических проявлениях многоточечных геометрий. Я высказывал мысль, что, пожалуй, в сильных взаимодействиях имеет место не привычная двухточечная, а многоточечная геометрия. Может быть, явление конфайнмента является проявлением такой геометрии. Однако, к сожалению, мне тогда не удалось достаточно четко объяснить ему все, к чему пришел позже. Виталий Яковлевич был уже серьезно болен, а вскоре его не стало.

В основу развивавшейся в нашей группе программы были положены отношения (метрика) между парой элементов из двух разных множеств. Ранг системы отношений определяют числа элементов, для которых имеет место закон, то есть обращение в нуль некой алгебраической функции. Например, для ранга (4,4) эта функция представляет собой определитель из парных отношений, построенный на восьми элементах, — по четверке из каждого множества. Он тождественно обращается в нуль. Однако, если взять минор максимального ранга, то есть такой же определитель на шести точках (по три из каждого множества), то он в общем случае будет отличным от нуля. Очевидно, что это некоторое число, которое можно трактовать как отношение, сопоставленное шести элементам. Это пример многоэлементного (многоточечного) отношения. Нами было показано, что именно эти отношения имеют физический смысл прообраза таких ключевых понятий общепринятой физики, как действия или лагранжианы физических систем. Дальнейшее зависит от того, как определять понятие частицы. В самом общем случае в такой прообраз действия входят характеристики более чем двух частиц. Если из них выделять парные отношения, то обязательно будут возникать добавки от третьих частиц, которые, оказывается, в теории прямого межчастичного взаимодействия типа Фоккера—Фейнмана трактуется как влияние окружающих частиц на взаимодействие (отношение) любой пары частиц. А это не что иное, как принцип Маха. Следовательно, можно утверждать, что многоточечность реального мира проявляется в виде принципа Маха.

В беседах мы касались также наших работ с А. Ю. Турыгиным по переформулировке общей теории относительности в рамках теории прямого межчастичного гравитационного взаимодействия. Как уже отмечалось, прямое обобщение принципа Фоккера на тензорное поле второго ранга приводит к линеаризованной теории гравитации, то есть к первому приближению ОТО

по ньютоновой гравитационной постоянной G и, следует добавить, без учета теории поглотителя.

Мы же показали, что для учета нелинейных слагаемых в эйнштейновской теории гравитации, то есть для построения теории в следующих приближениях по ньютоновой гравитационной константе G , следует так обобщить принцип Фоккера, чтобы в нем присутствовали не только парные слагаемые, а тройные, четверные и так далее. А в этом опять-таки проявляются трехточечные, четырехточечные и так далее отношения (геометрии). Таким образом, можно сделать еще один вывод: нелинейность эйнштейновской общей теории относительности — это проявление многоточечных геометрий.

Отмечу, что Виталий Яковлевич с большим интересом отнесся к деятельности как Кулакова с его учениками в области теории физических структур, так и к нашей по развитию бинарной геометрофизики. Он внимательно слушал наши выступления на школах, семинарах и конференциях, задавал много содержательных вопросов, делал ряд дельных замечаний. В частности, таким было замечание обратить внимание на работы Н. П. Соколова по теории кубичных и n -матриц.

Отмечу, что внимание Скоробогатько к нашим работам не было лишь проявлением знака вежливости. Для него подобное было исключено. Вообще, услышав бессодержательное или ошибочное выступление, он сразу же вставал и прямо заявлял об этом докладчику, не обращая внимание на его ранг. В этом отношении он напоминал мне покойного профессора А. А. Власова из МГУ.

7.2.2. Штрихи к портрету В. Я. Скоробогатько

167

До проведения 5-й школы по ТФС я неоднократно приезжал во Львов по приглашению Виталия Яковлевича и уже имел возможность близко познакомиться с ним и с его работами по многоточечной геометрии. Он сам мне подробно рассказывал о них, снабдив отпечатками своих статей и книгами.

В. Я. Скоробогатько был чрезвычайно ярким и эмоциональным человеком. Он был старше меня лет на десять, чуть выше среднего роста, жилистым. Один глаз его косил. Обращала внимание присущая ему напористость, разговорчивость, а более всего, его увлеченность математикой. О математике, ее проблемах и о своих работах в ней он мог рассказывать до бесконечности. Найдя собеседника, он его так донимал своими разговорами, что трудно было от них отбиться. На нескольких конференциях, где мы участвовали вместе, мы жили в одной комнате. Вот тут-то он отводил душу. С самого утра он уже ждал, когда я проснусь, чтобы начать говорить о своих математических идеях. Потом разговор продолжался по дороге на завтрак, за едой, по пути на заседания, в перерывах, а потом уже в номере гостиницы допоздна, пока я не засыпал.

Я понимал, как трудно было вынести такой шквал идей и математической информации человеку, не живущему математикой. Долго имитировать вежливое внимание было невозможно. Ведь сферы интересов его и моих не совпадали. Я быстро сообразил, что этот кладезь математических знаний нужно уметь использовать, и стал направлять наши разговоры в интересовавшее меня русло. Он принял это, и я почерпнул от него много любопытных идей и сведений. Так, он посоветовал мне познакомиться с работами Н. Н. Соколова по теории кубичных и n -матриц, обобщающей всем известную теорию квадратных матриц, широко используемую в теории физических структур.



Участники семинара В. Я. Скоробогатько во Львове (1990 г.).
В первом ряду слева стоят: В. Я. Скоробогатько, В. Пельх, Ю. С. Владимиров

Скоробогатько рассказал мне о работах его коллеги из Харькова академика АН УССР В. Л. Рвачева, развивавшего идею профессора К. П. Рашевского о возможном изменении общепринятой арифметики для очень больших чисел. Он построил вариант арифметики с максимальным возможным значением числа. Оказалось, что такая арифметика уже фактически используется в физике в пространстве скоростей, где в качестве максимального значения выступает скорость света. Так был открыт новый взгляд на известные формулы специальной теории относительности. Рвачев попытался применить свою арифметику для описания физического координатного пространства. Из его работ вытекали космологические следствия, отличные от получаемых в рамках общей теории относительности. В частности, в космологической модели Рвачева отсутствовало разбегание далеких галактик, а космологическое красное смещение объяснялось изменением арифметики на больших расстояниях. Это нас очень заинтересовало и, познакомившись с В. Л. Рвачевым, мы стали приглашать его на наши школы и конференции.

Еще Скоробогатько нам рассказывал о новом, более широком взгляде на процедуру разделения переменных, широко используемую при решении дифференциальных уравнений, и о новых каналах получения точных решений. В частности, он прочитал нам несколько лекций по теории фракталов. В итоге мы узнали от него много нового, а он увидел во мне так недостающего ему собеседника.

Во Львове В. Я. Скоробогатько руководил математическим семинаром, основанным еще Банахом, имя которого хорошо известно математикам и физикам-теоретикам: термин «банаховы пространства» прочно вошел в мировую математику, банаховы пространства широко использовались в работах по аксиоматике квантовой теории.

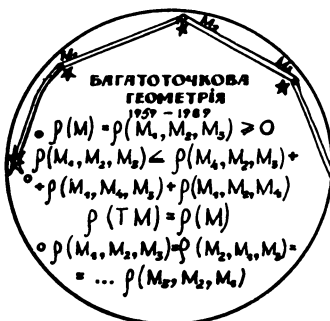
Последние годы жизни Банах прожил во Львове. Виталий Яковлевич устроил мне пешую экскурсию по Львову, показал кафе (ресторанчик), где Банах обычно проводил свои математические вычисления на бумажных салфетках. Он рассказал, что когда Банах доказывал лемму, то выпивал рюмку водки, а когда удавалось доказать теорему, — целый стакан.

Во время фашистской оккупации высокая математика, естественно, властям была не нужна, и Банах зарабатывал на хлеб весьма экзотическим образом, выращивая на себе блох для каких-то медицинских экспериментов. На руке у него была укреплена повязка, под которой на теле жили блохи. Он дожил до окончания войны. Скоробогатько показал мне знаменитое городское кладбище и могилу с массивным каменным надгробием, где был похоронен Банах.

В. Я. Скоробогатько не только являлся крупным специалистом в области теории дифференциальных уравнений, но и в других разделах математики. Наиболее высоко он оценивал свои работы в области цепных дробей и по многоточечной геометрии, причем он считал полученные там результаты настолько важными, что решил их увековечить, заказав архитектору специальные настольные медали на эти темы. На одной стороне медалей изображался герб города Львова, где были получены эти результаты, а на другой — суть полученных результатов. Медали вручались лицам, внесшим вклад в развитие этих идей.

В результате близкого общения со Скоробогатько и его сотрудниками у нас получилась работа, в которой объединялись идеи теории физических структур и его многоточечной геометрии. Во время одного из моих приездов во Львов, после окончания семинара, где я выступал, ему принесли первый экземпляр медали по многоточечной геометрии, еще не покрытый бронзой. Поскольку я на следующий день уже уезжал, мне вручили именно этот экземпляр медали. На одной ее стороне был изображен лев, а на другой — выбиты аксиомы многоточечной геометрии.

Спустя год, уже в 1991 г., наша совместная работа была опубликована в казанском юбилейном сборнике, посвященном 175-летию со дня открытия Н. И. Лобачевским первой неевклидовой геометрии. В Казани состоялась геометрическая конференция, посвященная этой дате, на которой мы выступили с совместным докладом.



Настольная медаль, отлитая по заказу В. Я. Скоробогатько для поощрения исследователей многоточечной геометрии

Зная о традиции награждения медалями, практикуемой Скоробогатько, мы с Кулаковым решили во время проведения школы по ТФС (1990 год) отлить аналогичную медаль, посвященную теории физических структур. Любовь Кулакова к подобным атрибутам высокой науки известна многим. Уже упоминалось, что он выбрал в качестве гимна ТФС дивертисмент Вебера, придумал специальный флаг с характерной для ТФС символикой. В связи с тем, что Кулаков за свои работы был избран членом Болонской Академии наук, он попросил жену сшить ему академическую мантию с характерной шапочкой в добрых традициях Западной Европы. По особо торжественным случаям он одевал эту мантию. А теперь он загорелся идеей сделать еще и медаль. Мы начали сочинять проекты медали.

По нашей просьбе Виталий Яковлевич сводил нас в мастерскую к архитектору, который изготавливал его медали. Осмотрев мастерскую, мы сели за стол для обстоятельного разговора. Скоробогатько тут же на стол поставил свой обширный портфель, из которого извлек бутылки и закуску: он свято чтит и продолжает традиции Банаха не только на семинаре. Существенные события, по его мнению, должны отмечаться со спиртным. За столом мы, в принципе, договорились с архитектором об изготовлении медали, обсудили проекты, даже, как следует, поторговались о цене проекта. При этом Виталий Яковлевич говорил архитектору: «Не думайте, что они могут много заплатить. Откуда у них деньги? Они же занимаются чистой наукой!» Но осуществить этот проект нам не удалось, — наступили трудные времена, и мы стали совершенно не кредитоспособными.

170 Легко понять, что, несмотря на свое беззаветное увлечение наукой, независимый и бескомпромиссный Виталий Яковлевич не мог мирно ужиться с руководителями науки на Украине. При всем уважении к его эрудиции и результатам, ему ходу не давали. На мой взгляд, по своему рангу и научным заслугам он давно должен был быть академиком или член-корреспондентом, как минимум, республиканской академии наук. Но его там не жаловали. «Ну и не надо! — заявлял Скоробогатько. — Мы организуем свою, другую украинскую академию наук. Одна будет в Киеве, а другая — во Львове!». Как он нам рассказывал, они с коллегами учредили такую академию наук, назвав именем известного украинского философа Сковороды. Ему помогло то, что в те годы на Украине поднимал голову национализм и у него нашлось много сторонников. По его представлению, нас с Юрием Ивановичем Кулаковым избрали членами этой Академии наук. (Замечу, что я никогда серьезно не относился к этому избранию.)

Как я понял, Скоробогатько и его многоточечная геометрии не вызвали особого интереса у Кулакова. Сначала между ними произошла дискуссия по вопросу, что такое геометрия. Кулаков считал, что геометрией можно называть только то, что получается из его структур. Затем он заявил, что к многоточечным геометриям они уже пришли с Г. Г. Михайличенко еще в конце 60-х годов, поэтому в многоточечной геометрии Скоробогатько для него нет ничего нового.

Меня удивило прохладное отношение Юрия Ивановича к личности Скоробогатько. Насколько я знал, он всегда искал контакт с незаурядными людьми, иногда специально для встречи с ними ехал через всю страну. Видимо, это объясняется тем, что каждый из них по своей природе был лидером. Как пра-

вило, Юрий Иванович на школах и встречах был в центре внимания. Здесь же, оказалось, что в эмоциональном плане Виталий Яковлевич оказался сильнее. Его неумная энергия была ключом, и рядом с ним Юрий Иванович отходил на второй план.

7.3. Череда школ по ТФС в других городах

Все школы по ТФС в 80-х годах проходили на большом эмоциональном подъеме, но в начале 90-х годов научное содержание нескольких наших собраний стало менее насыщенным. На это было несколько причин. Во-первых, становилось все более очевидным, что развиваемая мной программа бинарной геометрофизики радикально отличается от миропонимания Кулакова. Во-вторых, у нас крепло убеждение, что Юрий Иванович в своей работе «пробуксовывал». Фактически у него был бег на месте. Становилось очевидным, что идеи теории физических структур в объеме, используемом Кулаковым, недостаточны для прогресса в физике. Необходимо было их расширять и обобщать, рассматривать физические структуры в синтезе с другими понятиями и закономерностями, что и делалось в бинарной геометрофизике. Юрий Иванович тоже чувствовал необходимость новых идей, упоминая в своих выступлениях достижения синергетики, теорию расслоенных пространств, гильбертово пространство, золотое сечение и многое другое, но это у него не складывалось в связную теорию. С тем, как он это делал, можно было выступать перед недостаточно квалифицированной аудиторией, но это не могло удовлетворить специалистов.

171

Другим препятствием служили уж слишком бурные события общественной жизни: баррикады, демонстрации, выборы, противостояние в обществе, которые очень занимали Юрия Ивановича, — и не только его, — отвлекая от науки. В-третьих, возникли финансовые трудности, препятствующие общению коллег, живущих в разных регионах.

Но, тем не менее, состоялось еще пять школ по ТФС в различных местах.

Шестая школа прошла в Пущине-на-Оке с 1 по 5 марта 1991 г., последнего года существования СССР. На ней по-прежнему лекции читали Кулаков, его ближайшие ученики и я. Обсуждались прежние проблемы. Я изложил свои последние результаты по описанию взаимодействий в рамках теории систем отношений, но, как мне представляется, Кулаков меня не понял. Ощущалась необходимость более обстоятельных дискуссий, и мы наметили провести очередную, седьмую школу в том же 1991 г. в 20-х числах августа в Заокске на территории духовной семинарии адвентистов седьмого дня.

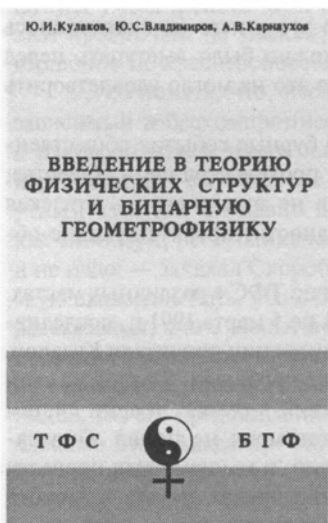
Случилось так, что незадолго до этого в Новосибирске проходила конференция представителей различных вероисповеданий. Конечно, Юрий Иванович не мог оставить без внимания это мероприятие. Несмотря на запрет священника местной церкви, он посетил заседания этой конференции и там познакомился со своим однофамильцем, являвшимся ректором духовной семинарии адвентистов седьмого дня в Заокске, и договорился с ним о проведении там очередной школы по ТФС.

Работа этой школы, проходившая с 21 по 27 августа 1991 г., попала «под колеса» бурных политических событий в нашей стране. Первый день

работы совпал с поражением путча ГКЧП, о чем мы узнали уже по прибытии в Заокскую семинарию.

Руководством духовной семинарии нам были предоставлены все условия для работы, и мы провели ряд заседаний. Но в эти дни нас больше интересовали не проблемы ТФС, а политические события. Мне мало что запомнилось о научной части этой школы. Кроме политики, в памяти осталась международный съезд адвентистов седьмого дня, начавшийся сразу после окончания нашей школы. На этот съезд, в частности, приехали в качестве миссионеров несколько физиков из США, членов американской общины. В своих выступлениях они, как бы от имени мировой физической науки, попытались представить доказательства приближения конца света, полагая, что настало их время в этом убедить российских коллег и прихожан. Мы их выслушали и тоже выступили, убедительно, как мне представляется, доказав несостоятельность их доводов, якобы, основанных на последних достижениях мировой науки.

В 1992 г. мы вместе с Ю. И. Кулаковым и моим учеником А. В. Карнауховым издали книгу «Введение в теорию физических структур и бинарную геометрофизику». Она состояла из трех частей, написанных отдельно тремя авторами, каждый из которых изложил свое видение сути и перспектив исследований теории систем отношений.



Книга трех авторов, состоящая из трех частей, в которых авторы отдельно изложили свое видение сути и перспектив развития теории систем отношений

Восьмую школу нам удалось собрать лишь летом (11–19 июня) 1993 г. в Ярославле, где я в то время работал на полставки в Ярославском педагогическом университете имени К. Д. Ушинского. Теперь уже наше мероприятие именовалось не школой по ТФС, а школой по теории физических структур (ТФС) и бинарной геометрофизике (БГФ).

Девятая школа по ТФС и БГФ состоялась с 16 по 26 сентября 1994 г. в Горно-Алтайском университете, куда в то время из Новосибирска переехал работать Геннадий Григорьевич Михайличенко, ближайший ученик Кулакова.

После этого у нас был значительный перерыв. Собираться было трудно: командировки не оплачивались. На последнюю, десятую, школу мы собрались лишь летом 2000 г., а проходила она частично в Новосибирске (с 28 июня по 4 июля) на территории физического факультета Новосибирского университета, а частично (с 4 по 14 июля) в Горно-Алтайске, где работали Михайличенко и преподавал тогда (на полставки) Ю. И. Кулаков.

На этой школе у нас с Юрием Ивановичем проявились существенные расхождения в наших научных программах и в видении дальнейших перспектив. Порой дискуссии происходили в довольно острой форме. После этого мы уже встречались лишь на семинарах и в домашней обстановке. Дискуссии обострялись.

7.4. Об участниках школ, разделявших идеи ТФС

Из старшего поколения участников школ, благожелательно отнесшихся к идеям теории физических структур, следует назвать профессоров А. И. Фета, Г. М. Идлisa, С. Э. Шноля, В. Г. Кречета, доктора физ-мат наук Р. И. Пименова и некоторых других.

На школу ТФС-89 в Пушкино приехал из Новосибирска видный геометр и тополог **Абрам Ильич Фет**, коллега и приятель Ю. И. Кулакова еще со студенческих лет. Это очень интересный и эрудированный человек, много лет проработавший с уважаемым мною Ю. Б. Румером, убежденным сторонником 5-мерной теории. Они совместно написали две книги по теории спиноров и их применению в физике. В течение многих лет Фет проявлял интерес к исследованиям Ю. И. Кулакова по теории физических структур, но продолжал смотреть на них со стороны в ожидании результатов. К концу этой школы его мнение о ТФС значительно изменилось в лучшую сторону и он даже заявил о своем намерении внести вклад в ее развитие.

В дальнейшем Фет действительно внес некий «вклад» в развитие ТФС, но он оказался отрицательным. Получилось так, что своим авторитетом, скепсисом ко всему, не входящему в сферу его непосредственных интересов, он увлек ближайшего ученика Кулакова — молодого, подававшего большие надежды аспиранта Женю Лозицкого. У Жени уже были интересные результаты и публикации по ТФС, но Фет его переманил к себе. Женя перешел на его тематику в области топологии и все годы его аспирантуры ушли на изучение нового для него предмета. В результате по теме Фета он не опубликовал ни одной статьи и оказался потерянным для физики и ТФС.

Профессор Григорий Моисеевич Идлис, многим известный как автор антропного принципа, проявил живой интерес к ТФС. В течение долгих лет он разрабатывал свой оригинальный подход к глобальному объединению разделов физики от микромира до космоса. Его мировоззрение отличалось от взглядов Кулакова, но, тем не менее, он почувствовал некоторое созвучие целевой направленности двух направлений. Побывав на нескольких школах по ТФС, он стал с интересом следить за развитием наших программ ТФС и БГФ уже как историк физики, оказывал всяческую поддержку в публикации наших



А. И. Фет на школе ТФС-4 в Пушкино (1989 г.). Фото автора



Г. М. Идлис выступает на школе ТФС-4 в Пушкино. Фото автора

174

в Пушкине. Не являясь специалистом в нашей области, он был рад общению с физиками-теоретиками, не окостеневшими в общепринятых истинах. Он неоднократно выступал на наших семинарах в МГУ и, как правило, принимал активное участие в наших школах по ТФС в Пушкине.

С. Э. Шноль открыл и в течение нескольких десятилетий изучал отклонения от закона распределения Максвелла для случайных величин в явлениях различной природы: от скоростей биохимических реакций, флуктуаций электрических и магнитных полей, всех видов радиоактивных распадов до шумов в гравитационных антеннах. Получаемые им гистограммы так называемых макроскопических флуктуаций имели причудливые формы в виде чередования отдельных пиков. Закон распределения Максвелла соответствовал лишь огибающим к его гистограммам. В течение многих лет изо дня в день он вел запись гистограмм, изменяющих свою форму, причем в этих изменениях наблюдалась некоторая периодичность. Он искал корреляции загадочной эволюции форм гистограмм с различными астрофизическими факторами: солнечной активностью, интенсивностью космических лучей, с моментами восхода и захода Солнца, солнечными затмениями, положениями Земли на орбите и т. д.

На основании многолетних наблюдений Шноль со своими сотрудниками пришел к выводу: «Универсальность феномена макроскопических флуктуаций приводит к предположению о весьма общей причине, их вызывающей. Основным проявлением макроскопических флуктуаций можно считать дискретные

статей в сборниках трудов Института истории естествознания и техники Академии Наук СССР, а затем России.

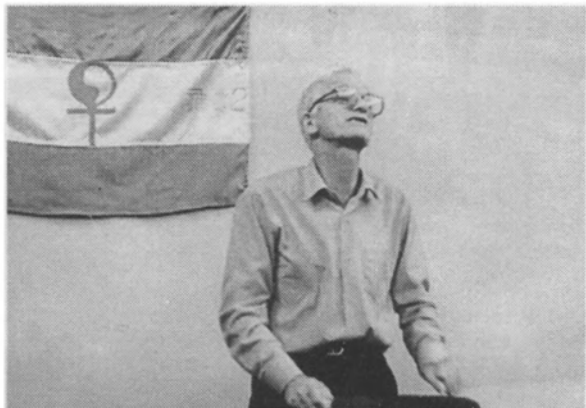
Известно, что профессор Идлис писал стихи, отражавшие его видение глобальных проблем физики. В частности, им было написано стихотворение «В поисках истинных основ всего»³, в котором были такие слова:

Рязанов в Иерусалиме.
В Новосибирске Кулаков.
Владимиров в Москве. Я с ними,
со всеми в поисках основ.

Основ, в конце концов, единых
всего, что нам известно ныне
(пусть не буквально — в смыслах слов).
Расклад, по истине, таков.

Профессор Симон Эйлевич Шноль был основателем кафедры биофизики на физическом факультете МГУ и в то время одновременно работал в МГУ и в Институте биофизики АН СССР

³ Идлис Г. М. Космический — солнечный — пульс Жизни и Разума: Всему свое время... Концепции современного естествознания. М.: Изд-во ЛКИ/URSS, 2010. С. 199.



С. Э. Шноль выступает на школе ТФС-4 в Пушино. Фото автора

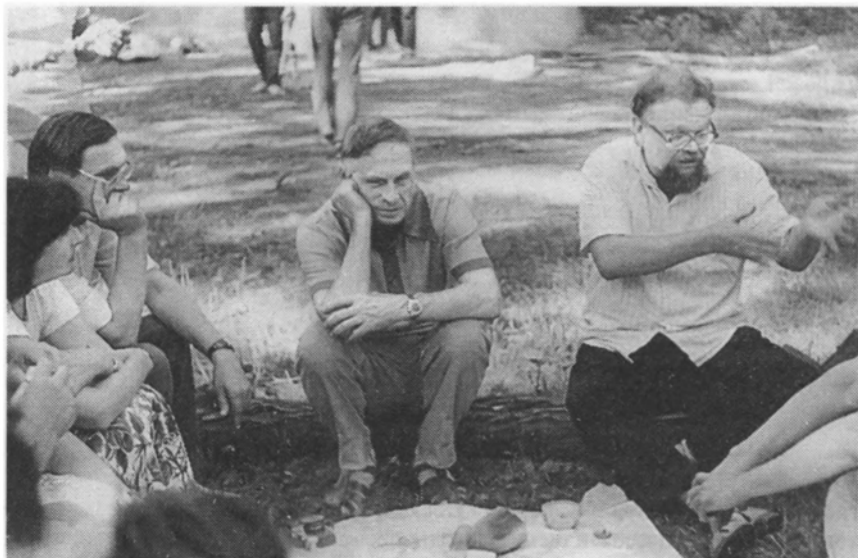
гистограммы характерной формы. Поскольку форма гистограмм измерений хода разных процессов изменяется одновременно на больших расстояниях, естественно предположить, что эта общая причина имеет глобальный, космический масштаб»⁴. Однако природу гистограмм и причины их изменений Шноль объяснить не мог и обращался к нам, теоретикам, с просьбой высказать свои соображения об их возможной сущности.

У меня был особый интерес к экспериментам Шноля. Вслед за Лейбницем и Махом я считаю, что все в мире находится во взаимной связи, причем все аспекты всеобщей связи далеко еще не разгаданы. Согласно теории прямого межчастичного взаимодействия, многие понятия физики, приписываемые отдельным объектам, на самом деле обусловлены влияниями со стороны окружающего мира. Исходя из этого, особо важное значение приобретают корреляции вида гистограмм Шноля с различными факторами астрофизического характера.

Отдельно нужно выделить доктора физико-математических наук (математика) **Револьта Ивановича Пименова**, участника 3-й школы в Пушине-на-Оке, который с большим уважением отнесся к идеям ТФС. Он понял, что здесь речь идет об изменении основ физического и геометрического миропонимания. Это ему импонировало, так как он всю жизнь занимался построением аксиоматики геометрии и анализом приложений геометрии к физике. На школе ТФС-88 он докладывал результаты своих исследований по полуримановой геометрии в 5-мерной теории. Это были довольно любопытные соображения, близкие нашей формулировке теории Калуцы в рамках $(4+1)$ -расщепления 5-мерной геометрии. Его результаты были более интересны для меня, нежели для Кулакова. Но, в целом, по миропониманию и настрою он вполне вписывался в коллектив участников школы.

Несмотря на проявленный интерес к ТФС, Р. И. Пименов не успел взять эту теорию на свое вооружение: вмешалась политика, которая и так сильно

⁴ Удальцов Н. В., Коломбет В. А., Шноль С. Э. Возможная космофизическая обусловленность макроскопических флуктуаций в процессах разной природы. М.: Изд-во Научного центра биологических исследований АН СССР в Пушино. 1987. С. 88.



На пикнике летней школы ТФС-3 (1988 г.) Р. И. Пименов рассказывает о своей непростой судьбе. Фото автора

176

исковеркала его судьбу. Горбачевская перестройка вступила в свою завершающую стадию. Пименов, как и многие другие, все больше вовлекался в активную общественную деятельность. Вскоре он был избран народным депутатом, а затем, в декабре 1990 г., его не стало...

В работе наших школ принимали участие и другие физики-теоретики из Москвы, Казани, Львова, Минска и даже из других стран: Болгарии, США.

7.5. Почему физики не обратили должного внимания на ТФС

Отсутствие интереса у профессиональных физиков-теоретиков к теории физических структур Кулакова (к теории систем отношений) можно объяснить рядом обстоятельств.

1. Прежде всего, следует сказать, что теория физических структур представляет интерес лишь для приверженцев реляционного подхода (парадигмы) к геометрии и физике, каковых во второй половине XX века было немного. Подавляющее большинство физиков-теоретиков продолжало работать в русле теоретико-полевой и геометрической парадигм, в которых дифференциальные полевые уравнения записывались в готовом пространстве-времени.

На ТФС могли бы обратить внимание физики, разрабатывающие теорию прямого межчастичного взаимодействия типа Фоккера—Фейнмана, однако сам Кулаков не усматривал связи своих исследований с теорией прямого межчастичного взаимодействия.

В начале 80-х годов могло произойти событие, способствующее прояснению связи ТФС с теорией прямого межчастичного взаимодействия. Об этом

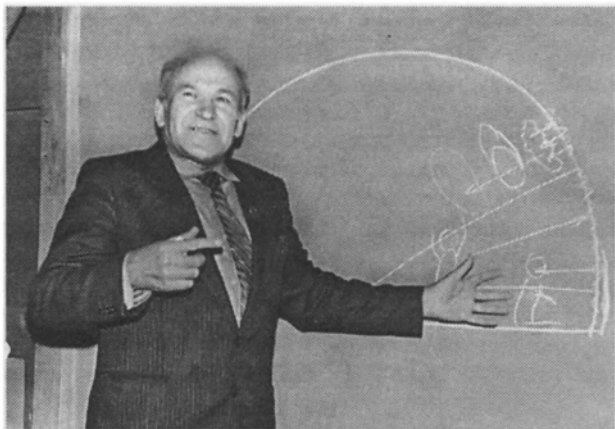
мне поведал сам Юрий Иванович. Тогда он от кого-то из своих друзей узнал о намерении Р. Фейнмана посетить Кызыл, чтобы ознакомиться с горловым пением в Бурятии. Ему сообщили даже время ожидавшегося визита Фейнмана. Конечно же, Кулаков тут же со своими учениками отправился в Кызыл и пробыл там в течение месяца в ожидании его приезда. Но Фейнман так и не приехал. Со слов Кулакова, наши власти, узнав о намерении Фейнмана посетить Бурятию, серьезно обеспокоились. Зачем известный физик, когда-то участвовавший в американском атомном проекте, едет в Бурятию? Может быть, он хочет что-то разузнать об урановых рудниках в Советском Союзе? Чиновники не могли поверить, что Фейнман проявляет интерес к народному фольклору и горловому пению, и сделали все, чтобы визит Фейнмана в Кызыл не состоялся. Они запросили такую гигантскую цену за организацию его визита, что даже Нобелевский лауреат не мог ее оплатить. Так Кулаков, прождав месяц в Кызыле, вынужден был вернуться назад в Новосибирск.

Думается, что Кулаков, намереваясь встретиться с Фейнманом, был настроен на передачу ему информации о своей теории физических структур, а не на восприятие его работ в области теории прямого межчастичного взаимодействия. Кроме того, он, конечно же, испытывал интерес к выдающимся личностям.

2. Безусловно, и теория прямого межчастичного взаимодействия, и теория физических структур относятся к одной и той же реляционной парадигме и должны были рано или поздно слиться воедино. Однако, к сожалению, исследователи, занимающиеся данными разделами одной парадигмы не осознавали этой связи. В теории Кулакова фактически не было физических взаимодействий, а в работах Фейнмана, Хойла, Дэвиса и других не затрагивался вопрос о реляционной природе пространства-времени. Напомним, что в основополагающих работах Фейнмана по переформулировке квантовой механики в терминах концепции дальнего действия подчеркивался ее пространственно-временной аспект, т. е. теория фактически имела эклектический характер: пространство-время имело субстанциальную природу, а взаимодействие носило реляционный характер.

3. Другим препятствием являлся круг задач, рассматриваемых в группе Кулакова на основе теории физических структур. Таковыми были задачи классической физики типа переинтерпретации второго закона Ньютона, законов Ома для электрических цепей, законов толстых линз и тому подобные, которые находятся в глубоком тылу современных физических исследований. Группа Кулакова не смогла представить веских доказательств эффективности теории физических структур для решения актуальных проблем современной теоретической физики.

4. Существенным недостатком теории физических структур является ее принципиально ограничение вещественными парными отношениями. Кулаков считал, что теория должна иметь дело лишь с наблюдаемыми на опыте понятиями, а таковые в физике описываются вещественными числами. Как нами было показано, широкие возможности открываются перед теорией систем отношений, если ее обобщить на случай комплексных парных отношений. Однако Кулаков скептически отнесся к использованию комплексных чисел, необоснованно считая их всего лишь переходом к отношениям, описываемым двумя вещественными числами. На самом деле это является лишь представлением комплексных чисел через вещественные. Природа комплексных чисел принципиально иная.



Ю. И. Кулаков поясняет суть своей теории рисунком платоновской пещеры (на семинаре по ТФС в Новосибирске, 1989 г.). Фото автора

5. У многих коллег вызывала отторжение философия неоплатонизма, на основе которой Кулаков преподносил свою теорию. Рассуждения о мире высшей реальности, отстаиваемые Ю. И. Кулаковым, препятствовали серьезному восприятию его теории. Один наш коллега шутил по поводу этих взглядов Кулакова: «Идеи Платона Кулаков освоил, а на понимание учения Аристотеля у него сил не хватило».

Примечательно, что на одной из конференций, где Кулаков выступал и в который раз рисовал пещеру с костром и танцующей женщиной, сразу же после заседания коллеги вывесили плакат со стихотворением, тут же написанным участником заседания Б. Г. Режабеком:

«Нет, Кулакову я не верю.
Что он такое говорит?
Танцует женщина в пещере,
А физик к ней спиной сидит!»

6. Ю. И. Кулаков — увлекающийся человек и не удивительно, что его часто «заносило». Его переполняли фантазии, эмоции и необузданные надежды на глобальные перспективы теории физических структур. Многих коллег раздражали пространные экскурсии то в Платоновскую пещеру, то в обсуждение шляпы-физики в океане непознанного. Он без остановки перепрыгивал от ТФС то на «золотое сечение», то в область синергетики, то на свою шкалу масштабов всех разделов физики, где соседствовали элементарные частицы, женские яйцеклетки и галактики. Помню, когда Кулаков излагал эту шкалу, Николай Всеволодович Мицкевич, присутствовавший на его докладе, обернулся ко мне и спросил: «И это тоже теория физических структур?!» К Кулакову он отнесся как к одному из чудачков-изобретателей, которые часто нас донимают своими глобальными проектами.

Кроме того, неприятие коллег вызывало то, что Кулаков относил все исследования физиков к «дольней физике», а свою деятельность — к «горней физике».

Бинарная геометрофизика как предгеометрия

Я намереваюсь ввести такое формальное описание пространства-времени, при котором и его спинорная структура будет более фундаментальной, чем псевдориманова. Конкретные размерность и сигнатура (+ - - -) должны будут закладываться в теорию изначально. Таким образом, если бы возникло изменение сегодняшней картины пространства-времени как дифференцируемого многообразия, существенно зависящее от наличия такой спинорной структуры, то размерность и сигнатура нашего пространства-времени были бы одним из следствий теории¹.

Р. Пенроуз

После рассказа о взлетах и падениях интереса к реляционному пониманию пространства-времени и к концепции дальнодействия остановлюсь на своих собственных работах в этой области. Ведь «заражение» идеями дальнодействия, от которого Хвольсон стремился оградить студентов, уже было явным и давно определяло направление моих исследований. А произошло это в процессе размышлений о причинах неудач совмещения принципов общей теории относительности и квантовой теории, которые постепенно вывели меня на работы Э. Маха, Р. Фейнмана и других авторов, развивавших концепцию дальнодействия. Но только после знакомства с теорией физических структур Кулакова эта «болезнь» разыгралась не на шутку. Постараюсь изложить причины этих моих занятий, ход размышлений и главные выводы (результаты), к которым в итоге я пришел.

179

8.1. Роль ТФС в развитии реляционного миропонимания

Коллеги восприняли мое новое увлечение, мягко говоря, с недоумением. Я слышал, как один из них говорил: «Юрий Сергеевич пошел „не в ту степь“!». Доходили до меня и более развернутые оценки коллег: «Зачем Владимирову все это нужно? Он приобрел авторитет работами в области теории систем отсчета, многомерных геометрических моделей физических взаимодействий и продолжал бы заниматься этими проблемами. Он только порочит себя занятием структурами». А один коллега сказал мне прямо в лицо: «Юрий Сергеевич, я Вас значительно больше уважал, когда Вы занимались гравитацией, а не кулаковщиной!»

¹ Пенроуз Р. Структура пространства-времени. М.: Мир, 1972. С. 45.

Воспринимая Ю. И. Кулакова не как серьезного физика-теоретика, а, скорее, как физика-изобретателя, многие считали, что он, хотя и вышел из школы И. Е. Тамма, но в далекой провинции оторвался от большой науки, занимающейся современными проблемами теоретической физики: суперсимметриями, супергравитацией, тонкостями квантовой теории поля и т. п. Какой цели служит его теория физических структур? Закон Ома или второй закон Ньютона, к которым Кулаков применяет ее, все знают и без физических структур. Это уже даже не прошлый, а позапрошлый век.

Действительно, зачем мне понадобились физические структуры? Что я в них нашел? Постараюсь сформулировать главные мотивы, которые не только заставили меня обратиться на них внимание в процессе реализации своих давних замыслов, но и в конце концов привели к разработке бинарной геометрофизики.

I. Многолетние поиски решения проблемы квантования гравитации закономерно подводили к анализу оснований как теории пространства-времени, так и квантовой теории. Обращение к фундаментальным основам позволило сделать важный вывод методологического характера: в наших представлениях об окружающем мире мы используем много лишнего. Таковыми, в частности, являются наши представления о континууме точек априорно заданного классического пространства-времени. Реальным физическим содержанием обладают лишь отношения между событиями и физическими объектами, т. е. расстояния, промежутки времени, интервалы. Даже такие ключевые понятия современной физики, как лагранжианы или действие взаимодействия, являются ничем иным, как отношениями между парами или системами частиц.

Отношения — вот то ключевое понятие, которое и у Лейбница, и у Маха заменяет идею абсолютного пространства и времени. Как было отмечено выше, именно понятие отношения в виде вкладов в действие парных взаимодействий частиц позволило построить теорию прямого межчастичного взаимодействия Фоккера—Фейнмана. Согласно этой теории, различные физические взаимодействия отличаются только видом этих отношений. Но теория прямого межчастичного взаимодействия остановилась на этом применении идеи отношений в физике. Пространство-время полагалось априорно заданным, а надо было распространить идею отношений и на пространство-время.

Но как это сделать? Отношения характеризуются некоторым числом. Пусть мы задали числа-отношения между всеми парами частиц или событий (элементами), — это всегда можно сделать, причем бесконечным числом способов. А что дальше? Необходимо наложить на отношения какие-то условия, ввести некоторые закономерности, после чего могла бы получиться содержательная математическая конструкция. Другими словами, нужно было найти подходящий математический аппарат, позволяющий построить теорию неких абстрактных отношений, не опирающуюся на готовое классическое пространство-время. Именно это я и разглядел за шелухой неоплатоновских деклараций Кулакова в сугубо математической части теории физических структур. Строго говоря, аппарат теории физических структур представляет собой универсальную теорию отношений между элементами произвольной природы.

Кулаковым и его учениками было показано, что теория физических структур с вещественными отношениями на одном множестве элементов может быть соотнесена с известными видами геометрий с симметриями:



Фото, помещенное в книгу Ю. И. Кулакова «Теория физических структур» с подписью «Юрий Владимиров и Юрий Кулаков. Нераздельно и неслиянно»

181

евклидовой, Лобачевского, сферической геометрией Римана, симплектической и другими. Для развития моих идей следовало опереться именно на отношения между событиями с участием материальных объектов, поэтому этот вывод был для меня чрезвычайно важным.

II. Другим крупным достижением Кулакова и его группы явилось открытие бинарных физических структур, т. е. систем отношений между элементами двух множеств. Была развита содержательная теория таких систем вещественных отношений, которая была значительно проще теории отношений на одном множестве элементов, и от нее можно перейти к теории унарных систем отношений путем специальных склеек элементов из двух разных множеств. Этот результат также оказался для меня чрезвычайно существенным по ряду причин.

1. В развиваемой мной программе, первые установки которой были намечены еще в начале 60-х годов, ставилась задача вывода классических пространственно-временных представлений из неких факторов физического характера. Я полагал, что нужно не изначально постулировать классическое пространство-время со всеми его свойствами, а выводить и физически обосновывать всю совокупность его свойств (используемых аксиом),

таких, как размерность, сигнатура, квадратичный характер метрики и другие. А тут неожиданно выяснилось, что используемое нами пространство-время может рассматриваться как нечто вторичное, выводимое из более элементарных бинарных систем отношений. Следовательно, нужно было внести необходимые коррективы в свою первоначально поставленную программу и сосредоточиться на анализе бинарных систем отношений (бинарных геометрий) и на получении из них физических следствий.

2. В моем докладе на 4-й Всесоюзной гравитационной конференции в Минске излагался предварительный вариант макроскопической теории пространства-времени, в основу которой были положены два типа электрически заряженных частиц. При этом я исходил из того, что вся наша геометрия представляет собой абстракции из наблюдаемых свойств окружающих нас макроскопических тел, а последние состоят из атомов и молекул, образованных двумя видами заряженных частиц. Следовательно, этот факт должен быть отображен в самых основах наших представлений о природе классического пространства-времени и всего физического мироздания.

На состоявшемся после моего выступления докладе Кулакова развивалась как раз теория бинарных физических структур и утверждалось, что точки нашего пространства следует считать «серыми», состоящими из элементов (точек) двух видов: «белых» и «черных». У Кулакова не было интерпретации этих двух типов точек через два вида электрических зарядов, но у меня сразу же возникла мысль использовать физические структуры на двух множествах элементов для развития своей модели пространственно-временных отношений.

3. Вскоре я связал идеи теории бинарных физических структур с S-матричной формулировкой квантовой теории, которая также опирается на два множества возможных состояний микросистем: начальные и конечные. Это уже выводило на применение теории бинарных систем отношений к описанию закономерностей квантовой теории и вообще физики микромира.
4. Обращал на себя внимание тот факт, что исследования многомерных геометрических моделей физических взаимодействий типа теорий Т. Калуцы и О. Клейна и их объединений строились на базе унарных геометрических конструкций, т. е. в рамках унарной геометрии. А тут стало ясным, что существуют более элементарные бинарные геометрии. Сразу же возник вопрос: по тому ли пути мы идем? Может быть, более естественно решать задачу описания физических взаимодействий и их объединения в рамках бинарных геометрий?

III. Но самое важное состояло в том, что я был нацелен на построение макроскопической теории классического пространства-времени. А решение этой задачи невозможно ни в доминирующей более ста лет теоретико-полевой парадигме, ни в рамках геометрической парадигмы. Для решения данной задачи следовало исключить из первичных положений наличие классического пространства-времени, но тогда «повисает в воздухе» основополагающее понятие поля, — нет пустых точек, в которых его можно было бы определить. Как говорил Эйнштейн, «отказ от непрерывного пространства-времени смахивает на попытку дышать в безвоздушном пространстве». Не подходит

и геометрическая парадигма, поскольку в ней исходят из существования пространственно-временного многообразия и речь идет лишь о его конкретных свойствах: кривизне, закрученности, топологии и т. д. Данную задачу можно решать лишь в рамках реляционной парадигмы.

Все эти факторы заставили меня обратиться к теории физических структур, которые я вскоре решил переименовать в теорию систем отношений, поскольку этот термин лучше отражал их суть и назначение. Правда, все изложенное вначале смутно осознавалось. Еще неопределенными представлялись пути реализации возникших проблем. Для их четкой формулировки и решений понадобились годы. А на первой школе по теории физических структур на Балкануле (1984 год) мои лекции по теории прямого межчастичного взаимодействия и многомерным геометрическим моделям физических взаимодействий выглядели странными и, на первый взгляд, не имеющими отношения к тематике данной школы. Мне самому еще не было ясно, как конкретно соединить теорию физических структур с теорией прямого взаимодействия, о которой мы только что с А. Ю. Турыгиным написали книгу, или с многомерными геометрическими теориями, которыми мы к тому времени занимались уже более 10 лет.

Все это я более внятно стал осознавать примерно к 1986 г. и вплотную приступил к построению давно задуманной теории, которую чуть позже назвал бинарной геометрофизикой.

8.2. Первые шаги в построении бинарной геометрофизики

183

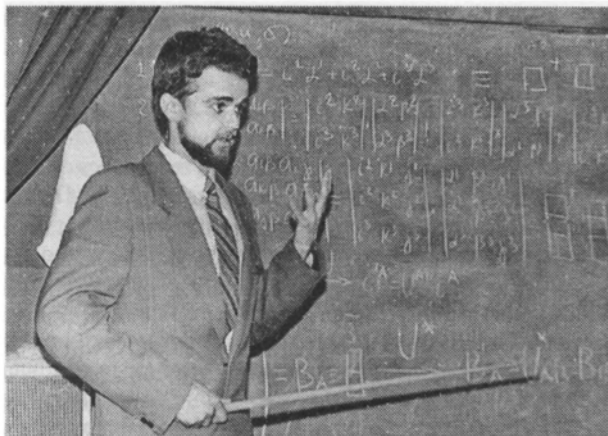
Неверно будет сказать, что я начал пробы в этой области после школы на Балкануле. Первые попытки применить к своей программе теорию физических структур начались, пожалуй, после нашего знакомства с Кулаковым на всесоюзной гравитационной конференции в Минске в 1976 г. Уже тогда я попытался с их помощью обосновать размерность и сигнатуру пространства-времени, но у меня тогда ничего хорошего не получилось.

8.2.1. Системы отсчета в теории физических структур (систем отношений)

И вот сразу же, вернувшись с Балкануля, мы с моим дипломником В. Р. Гавриловым сделали первую работу по приложениям теории физических структур². В этой работе мы ограничились структурами с вещественными отношениями на одном множестве элементов (УСВО) и на их основе получили несколько результатов. Главным было то, что мы усмотрели тесную связь ключевых понятий теории физических структур с теорией систем отсчета в теории относительности, которым мы уделяли большое внимание в своих исследованиях в области общей теории относительности.

Как уже отмечалось, ключевым положением теории физических структур (на одном множестве элементов) является ее закон, который представляется в виде равенства нулю определителя из парных отношений между произ-

² Владимирюв Ю. С., Гаврилов В. Р. Некоторые приложения теории физических структур // Исследования по классической и квантовой теории гравитации. Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1985. С. 18–26.



В. Р. Гаврилов выступает на школе ТФС-3. Фото автора

вольными r элементами. Когда закон уже записан, то его можно трактовать как уравнение для парного отношения a_{ik} между выделенными элементами i и k . Оно оказывается зависящим, во-первых, от парных отношений между всеми другими $r - 2$ элементами, которые можно считать эталонными или базисом данной структуры (системы отношений), и, во-вторых, от парных отношений каждого из выделенных элементов i и k к $r - 2$ элементам базиса. Отношения между эталонными элементами можно считать раз навсегда заданными, а отношения выделенных элементов к ним играют роль параметров, характеризующих выделенные неэталонные элементы. Следовательно, каждый из элементов унарной структуры характеризуется $r - 2$ параметрами, играющими роль координат (или компонент) этих элементов. Таким образом, наличие параметров у элементов не постулируется заранее, а автоматически оказывается проявлением закона системы отношений. Это определяет тот факт, что УСВО ранга r соответствуют $(r - 2)$ -мерным геометриям. Система эталонных элементов (базис) играет роль тела отсчета в классической физике. Все это было хорошо известно Кулакову и его сотрудникам.

Новое состояло в том, как в теории физических структур описываются закономерности специальной теории относительности. Примечательно, что Кулаков отдельно вводил закон ранга 5 для описания 3-мерного пространства и отдельно закон ранга 3 для описания времени, а затем решал проблему их объединения в 4-мерное пространство-время специальной теории относительности. Для описания преобразований Лоренца он пытался вводить еще одну систему отношений между различными системами отсчета. Это составило содержание ряда его выступлений на наших семинарах.

Мы же считали, что это является совершенно излишним усложнением. Для описания пространственно-временных отношений специальной теории относительности следовало сразу же исходить из закона УСВО ранга 6 (в виде равного нулю определителя Кэли—Менгера на 6 точках), соответствовавшего 4-мерной геометрии пространства-времени Минковского. В такой структуре базис из 4 точек, считающихся одновременными, соответствует телу отсчета

теории относительности. Через отношения к ним определяются координаты всех точек в избранной системе отсчета. Переход в другую систему отсчета осуществляется изменением элементов (точек) ее базиса. Оно характеризуется линейными преобразованиями параметров элементов (координат или компонент), соответствующими известным преобразованиям Лоренца при переходе к новым системам отсчета.

Занимаясь системами отсчета в общей теории относительности, мы опирались на два характерных метода их задания, которые используются как в общей, так и в специальной теории относительности: метод хронометрических и метод кинеметрических инвариантов. Метод хронометрических инвариантов исходит из задания конгруэнции времени-подобных мировых линий системы отсчета и из последующего введения ортогональных к ним пространственных сечений данной системы отсчета, тогда как метод кинеметрических инвариантов, наоборот, исходит из задания 3-мерных пространственных сечений данной системы отсчета и последующего введения ортогональных к гиперповерхностям мировых линий (времени) наблюдателей. В нашей работе мы продемонстрировали, как это осуществляется на языке теории унарных физических структур ранга 6.

Как известно, теорию физического пространства-времени следует рассматривать в виде теории расслоенного пространства, где базу составляет 4-мерное пространство-время, а слой образует пространство скоростей, вводимое через касательное пространство. На языке теории физических структур следует одновременно рассматривать два закона УСВО: ранга 6 в виде равного нулю определителя Кэли—Менгера на 6 точках-событиях и второго закона ранга 5 в виде равного нулю определителя Грама. Последний соответствует геометрии Лобачевского.

Таким образом, методы задания систем отсчета, развитые в рамках общей теории относительности, оказались существенным дополнением к теории физических структур.

Нами было также рассмотрено обобщение данной ранее Кулаковым записи термодинамики в терминах унарных физических структур на случай переменного числа частиц, которое представляется в виде 4-мерной псевдоевклидовой геометрии с сигнатурой $(+ - - + - -)$. Это позволило высказать предположение, что эта связь термодинамики и геометрии может оказаться полезной для поиска статистической теории классических пространственно-временных отношений.

В этой связи подчеркнем еще раз метафизический характер понятия систем отсчета, которые неизменно оказываются в центре внимания как в классической механике, так и в общей теории относительности и, теперь, в теории систем отношений.

Отметим, что в описываемой работе бинарные системы отношений не упоминались, однако все сказанное об эталонных элементах и о смысле параметров элементов остается в силе и в рамках бинарных систем отношений.

8.2.2. Комплексификация теории систем отношений

Подчеркнем, что теория физических структур Кулакова строится на основе вещественных парных отношений и применяется им для описания исключительно классической геометрии и физики. Как известно, вещественные числа

тесно связаны с аксиомой Архимеда, позволяющей сравнивать два отрезка, вводить понятия «больше» или «меньше». Однако квантовая механика и закономерности микромира описываются на основе комплексных чисел. Как мне представляется, это обусловлено тем, что в микромире, как и в теории комплексных чисел, теряет смысл понятие больше-меньше. Мне же нужно было решать задачу вывода классических пространственно-временных отношений из закономерностей физики микромира и намеревался я это делать, используя теорию систем отношений.

И вот в 1986 г. мне пришла в голову идея комплексифицировать теорию бинарных физических структур, т. е. обобщить теорию бинарных физических структур Ю. И. Кулакова с вещественными парными отношениями на случай **комплексных отношений**, когда парные отношения и параметры элементов описываются комплексными числами. Легко убедиться, что в комплексифицированной теории законы и парные отношения имеют тот же самый вид³. Это послужило причиной введения термина *бинарные системы комплексных отношений*, или сокращенно — (БСКО).

Это означало отход от исходных установок теории физических структур Кулакова, считавшего, что они должны строиться именно на вещественных отношениях, поскольку предназначены для описания наблюдаемых величин. Но так ли важно в самую основу теории класть лишь непосредственно наблюдаемые величины? В связи с этим уместно вспомнить слова Р. Фейнмана: «Ваши теоретические построения или открытия должны быть такими, чтобы выводы из них можно было сравнивать с результатами эксперимента, т. е. чтобы из них не получалось, что „один тук равняется трем нукам“, причем никто не знает, что такое эти самые тук и нук. Ясно, что так дело не пойдет. Но если теоретические результаты можно сравнить с экспериментом, то это все, что нам требовалось. Это вовсе не значит, что ваши туки и нуки не могут появляться в первоначальной гипотезе. Вы можете впахнуть в вашу гипотезу сколько угодно хлама при условии, что ее следствия можно будет сравнить с результатами экспериментов. А это не всем до конца понятно»⁴. Замечу, что в моем подходе предлагалось комплексифицировать именно бинарные системы отношений, от которых намечался потом переход к унарным системам с вещественными отношениями, соответствующими наблюдаемым в классической физике понятиям.

Кулаков же не желал видеть в комплексных числах чего-то принципиально нового. Он считал, что переход к комплексным числам просто означает использование двух вещественных чисел вместо одного. Даже в своей книге 2004 г. Кулаков продолжал настаивать на том, что закон характеризуется функцией (в терминологии Кулакова «верификатором») — «вещественнозначной, заранее неизвестной функцией sg вещественных переменных»⁵. Дискуссия по этому поводу у нас продолжалась в течение всего периода нашего сотрудничества.

В подкрепление своей позиции мне хотелось бы привести взгляды известного физика-теоретика Р. Пенроуза, который при обсуждении оснований

³ Однако теперь, строго говоря, следовало бы заново доказать теоремы единственности используемых законов.

⁴ Фейнман Р. Характер физических законов. М.: Мир, 1968. С. 180–181.

⁵ Кулаков Ю. И. Теория физических структур. М.: 2004. С. 50.

физики и своей теории твисторов говорил о «магии комплексных чисел»: «Особая магия этих чисел проявляется не только в математике, но и сама Природа использует эту магию в устройстве Вселенной на самых глубоких уровнях. Можно задаться вопросом: действительно ли это является особенностью нашего мира, или просто эти числа настолько полезны в математическом отношении, что находят широкое применение в физической теории. Многие физики, я полагаю, склоняются ко второму варианту. Но тогда им придется объяснить, почему оказывается столь универсальной роль этих чисел в квантовой теории, где они лежат в основе фундаментального принципа квантовой суперпозиции и в несколько ином облике в основе уравнений Шредингера, условия положительной частоты и бесконечномерной „комплексной структуры“, которая появляется в квантовой теории поля. Таким физикам вещественные числа кажутся „естественными“, а комплексные — „таинственными“. Однако с чисто математической точки зрения вещественные числа ничуть не „естественнее“ комплексных. Учитывая несколько магический математический статус комплексных чисел, вполне можно занять противоположную позицию и считать их более „естественными“ (или, если угодно, „данными Богом“), нежели вещественные числа»⁶.

В другом месте Пенроуз писал: «Комплексные числа представляются (по крайней мере на нашем современном уровне понимания) весьма важным составным элементом структуры физических законов. Теория твисторов распространяет этот тезис далее, выдвигая предположение о возможной тесной связи комплексных чисел с определением природы самого пространства-времени»⁷.

187

8.2.3. Обоснование спинорности частиц и размерности геометрии в БГФ

Приступив к исследованию бинарных систем комплексных отношений минимальных рангов, я действовал индуктивным методом, последовательно идя от низших рангов к более высоким. Начал с минимального невырожденного ранга (3,3) и сразу же обнаружил, что в рамках бинарных структур этого ранга получается теория 2-компонентных спиноров и естественным образом возникает 6-параметрическая группа $SL(2, C)$. Этот результат сразу же позволил перейти к разработке математического аппарата теории. Были введены биспиноры, построены 4-мерные векторы и тензоры, проинтерпретирован на языке бинарной геометрофизики (БГФ) смысл уравнений Дирака для свободных частиц.

В связи с этим результатом уместно напомнить, что в известной монографии Ч. Мизнера, К. Торна и Дж. Уилера «Гравитация» ставился «вопрос о том, можно ли построить геометрию с помощью квантового принципа из основных элементов, которые сами по себе не обладают какой-либо определенной размерностью. В центре внимания дискуссии, которая проходила в 1964 г., была „размерность без размерности“. Однако основными причинами, заставляющими размышлять о предгеометрии, были и остаются две характерные

⁶ Пенроуз Р. Структура пространства-времени. М.: Мир, 1972. С. 855.

⁷ Твисторы и калибровочные поля. М.: Мир, 1983. С. 134.

особенности природы: спин $1/2$ и заряд, говорящие сами за себя во весь голос в любой области физики элементарных частиц»⁸.

В бинарной геометрофизике фактически решается сформулированный выше вопрос. **Размерность вводится не как топологическое свойство непрерывного многообразия, а алгебраически — через ранг закона БСКО**, т. е. размерность определяется числами элементов, связанных в законе.

Оказалось так, что понятия БСКО низших рангов фактически уже давно используются в теоретической физике. В частности, *понятие спина элементарных частиц и теория 2-компонентных спиноров, оказывается, возникает в рамках БСКО минимального невырожденного ранга (3,3)*.

Поясним это утверждение. Согласно общей теории бинарных систем отношений, элементы БСКО ранга (3,3) описываются парой комплексных параметров, т. е. их можно считать векторами 2-мерного комплексного пространства.

Система эталонных элементов (базис) определяется двумя парами элементов бинарной системы отношений. При изменении базиса линейным образом изменяются параметры всех элементов данной системы отношений. Таким образом, можно утверждать, что в 2-мерном комплексном пространстве определена группа линейных преобразований.

Далее отметим, что в теории бинарных систем отношений важную роль играют миноры максимального ранга, которые можно выделить из определителя БСКО. В данном случае БСКО ранга (3,3) это будет определитель 2×2 . Если в него подставить вид бинарных отношений через параметры элементов, то он распадается на произведение двух 2×2 определителей, составленных из параметров элементов одного множества. Если ограничиться лишь такими наборами эталонных базисов, при переходе между которыми остаются инвариантными отдельные определители (из параметров одного множества элементов), то будем иметь инвариантность антисимметричной формы при допустимых линейных преобразованиях. А совокупность перечисленных факторов (пара комплексных параметров, группа линейных преобразований и инвариантность квадратичной антисимметричной формы) и есть стандартное определение 2-компонентных спиноров. Следовательно, *элементы БСКО ранга (3,3) описываются 2-компонентными спинорами*.

Обратим внимание на тот факт, что в исходных положениях бинарной геометрофизики определены отношения — прообраз своеобразной метрики — лишь между элементами двух различных множеств $\mathcal{M}$ и $\mathcal{N}$ и не было отношений внутри каждого из множеств. Однако теперь автоматически возникли антисимметричные метрики внутри каждого из множеств, можно сказать, «наведенные» отношениями с элементами противоположного множества. Таким образом, можно утверждать, что теория 2-компонентных спиноров является следствием БСКО ранга (3,3).

Коэффициенты C_r^s линейных преобразований, оставляющих инвариантными антисимметричные формы, удовлетворяют условию $C_1^1 C_2^2 - C_2^1 C_1^2 = 1$. Следовательно, на четыре комплексных коэффициента наложено два вещественных условия. Эти преобразования, связывающие выделенный класс базисных элементов, образуют 6-параметрическую группу $SL(2, C)$, соответствующую группе Лоренца.

⁸ Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж. Гравитация. Т. 1. М.: Мир, 1977. С. 474.

Преобразования, одновременно сохраняющие инвариантными как антисимметричные формы, так и сами парные отношения, образуют 3-параметрическую группу $SU(2)$, соответствующую вращениям в 3-мерном пространстве.

Напомним, что в общепринятой физической теории к спинорам приходят, исходя из плоского 4-мерного пространства-времени с соответствующей ему группой Лоренца. В математике спиноры принято вводить на основе алгебр Клиффорда над полем вещественных чисел. Таким образом можно определить спиноры в пространствах любой размерности и сигнатуры. Но можно рассуждать и в обратном направлении: если задан вид спиноров, то сразу же можно сказать о размерности и сигнатуре многообразия, им соответствующего. Учитывая, что в нашем случае массивные частицы описываются парой 2-компонентных спиноров, приходим к выводу, что таким образом уже заложены основы 4-мерности теории с сигнатурой $(+ - - -)$. Другими словами, можно утверждать, что **размерность (4-мерность) и сигнатура классического пространства-времени обусловлены бинарной системой комплексных отношений минимального невырожденного ранга (3,3).**

В связи с данным выводом заметим, что в близкой по преследуемым целям твисторной программе Пенроуза 4-мерие и сигнатура пространства-времени следуют из основного постулата теории — из определения твистора. В бинарной геометрофизике спинорность получается как следствие при рассмотрении упрощенной (идеализированной) модели на основе БСКО ранга (3,3).

Однако от алгебраических понятий БСКО ранга (3,3) до 4-мерного координатного пространства-времени путь не близкий. Здесь же отметим, что от БСКО ранга (3,3) можно перейти к унарным системам вещественных отношений, соответствующим общепринятым геометриям, несколькими способами. Один из них осуществляется сшивкой двух пар элементов (по два элемента в каждом из множеств) так, как это изображено на рис. 5. Он соответствует переходу к унарной геометрии Лобачевского, физически интерпретируемой как пространство скоростей частиц.

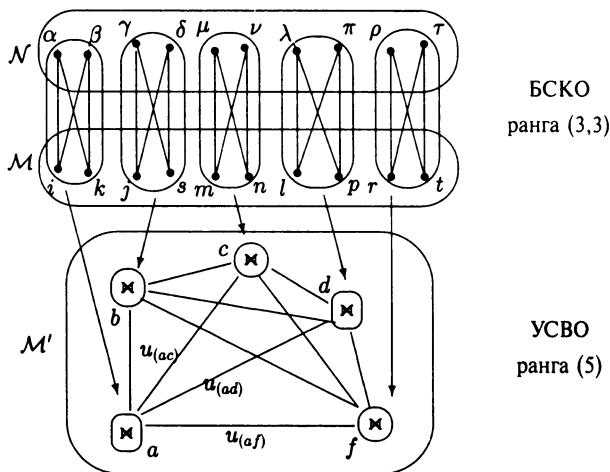


Рис. 5. Переход от БСКО ранга (3,3) к УСВО ранга (5)

В верхней части рисунка изображены четверки сопряженных элементов из двух множеств БСКО ранга (3,3), а в нижней части — сопоставленные с ними элементы одного нового множества M' .

Из параметров пар элементов — двух 2-компонентных спиноров — по обычным правилам строятся 4-мерные векторы, физически интерпретируемые как скорости (или импульса) массивных частиц.

Близкие по смыслу проблемы имеются как в общепринятой квантовой теории, так и в общей теории относительности. Напомним, в квантовой теории переход от комплексных волновых функций к наблюдаемым величинам (импульсам, координатам и т. д.) осуществляется с помощью эрмитовых операторов, имеющих вещественные собственные значения. В общей теории относительности переход от тензорных величин, зависящих от произвола в выборе координатной системы, к наблюдаемым величинам производится посредством проецирования на направления используемых систем отсчета. (В ОТО истинно наблюдаемыми являются лишь скаляры.) В случае БСКО ранга (3,3) аналогом указанных процедур является *переход от БСКО к УСВО* путем соответствующей «сшивки» элементов двух множеств в объекты (элементы) одного сорта. Таким образом, в бинарной геометрофизике появляются и унарные системы вещественных отношений, однако они имеют вторичный характер.

Эти результаты я доложил уже на второй школе по теории физических структур в лекции «Биспиноры и теория физических структур» в 1987 г. и опубликовал в 1988 г. в новосибирском сборнике Института математики Сибирского отделения Академии наук СССР⁹, несколько номеров которого были специально составлены из работ по теории физических структур, написанных группой Кулакова и моих.

Замечу, что Кулаков сначала отнесся к этим моим результатам благожелательно и даже, я бы сказал, восторженно в силу присущей ему романтической эмоциональности, полагая, что это еще одно подтверждение его теории физических структур. Когда же он увидел, что я настаиваю лишь на применении его теории структур для развития собственной программы, заявил, что в этом нет ничего нового, поскольку теория физических структур тривиально обобщается на случай комплексных отношений.

8.2.4. Бинарное многомерие и финслеровы спиноры

Следующий шаг состоял в переходе к БСКО следующего по порядку ранга (4,4). Опираясь на опыт, накопленный при исследованиях многомерных геометрических моделей физических взаимодействий типа теорий Калуцы и Клейна, нетрудно было догадаться, что в рамках БСКО ранга (4,4) должны описываться электромагнитные взаимодействия лептонов, а дополнительные параметры элементов должны характеризовать электрический заряд частиц. Это аналогично тому, как в 5-мерной теории Калуцы 5-я компонента импульса имеет смысл электрического заряда частиц.

После воодушевляющих результатов в рамках БСКО ранга (3,3) я в значительной мере разделял убежденность Кулакова, что из ТФС можно получить

⁹ Владимир Ю. С. Биспиноры и физические структуры ранга (3,3) // Методологические и технологические проблемы информационно-логических систем (Вычислительные системы). Изд-во Сиб. отд. АН СССР, 1988. Вып. 125. С. 42–61.

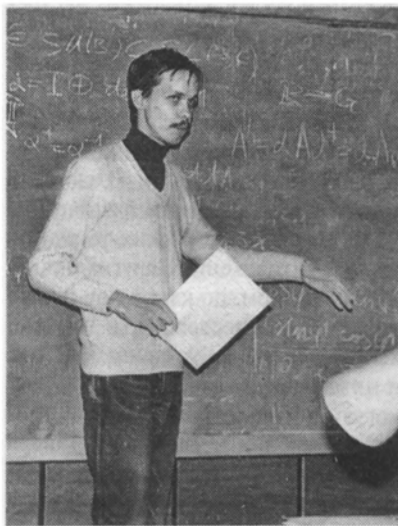
всю физику и геометрию, однако критически относился к ряду его экстремистских взглядов. Здесь я имею в виду его позицию ограничиться лишь вещественными отношениями. Позднее он уже будет утверждать, что на основе ТФС можно развернуть всю математику, генетику и все остальное. Скептически воспринимал я и его слова о том, что физику-теоретику не следует раньше времени думать о приложениях ТФС и вообще теоретической физики. «Наука должна быть бесполезной», — часто говорил он. Нужно развивать и развивать ТФС, а когда она будет построена, можно будет сказать: вот эти физические закономерности являются следствием (тенью в нашем мире) таких-то рангов структур (из мира высшей реальности), а другие — отражением других рангов структур. При этом, однако, ничего не говорилось о том, до каких пор нужно развивать ТФС, когда можно будет сказать, что ТФС построена, и вообще, имеется ли предел процесса построения теории. Меня не устраивало также разделение мироздания на миры высшей и низшей реальности.

Кулаков полагал, что, в принципе, могут найтись отражения всех возможных рангов физических структур, как унарных, так и бинарных. Говоря об интерпретации квантовой механики, он пытался смоделировать гильбертовы пространства структурами бесконечного ранга. Меня эта точка зрения не устраивала. Несмотря на то что я много внимания уделял исследованиям многомерных геометрических моделей физических взаимодействий, мне хотелось из физических соображений найти верхний предел допустимой размерности пространственно-временного многообразия. В результате был сделан вывод, что в рамках унарных геометрических моделей достаточно ограничиться размерностью 8 и излишне ее увеличивать до 10 или 11, как это модно было делать в рамках суперсимметричных теорий поля. В геометрической парадигме можно описать закономерности сильных, электрослабых и гравитационных взаимодействий в рамках 8 измерений.

Аналогичным образом я относился и к рангам систем отношений. В рамках унарных систем отношений не представлялось возможным обосновать ранг 6, соответствующий 4-мерности классического пространства-времени. Тем более трудно было что-либо сказать о верхней границе физически значимой унарной системе вещественных отношений. Другое дело — бинарные системы комплексных отношений. Там мне уже было ясно, что 4-мерность классической геометрии определяется минимальным рангом (3,3) невырожденной БСКО.

Отметим, что системы отношений ранга (2,2) вырожденные. Они проявляются в двух формах (аддитивной и мультипликативной) и представляют собой подсистемы всех других БСКО более высоких рангов. Их можно физически интерпретировать ответственными за фазовые составляющие волновых функций в квантовой теории.

Однако некоторое время не был ясен верхний предел ранга (r , r) физически значимой БСКО. И мы начали последовательно исследовать физические возможности БСКО рангов (4,4), (5,5), (6,6) и т. д. Конечно, мы приступили прежде всего к исследованию простейшего бинарного многомерия, т. е. с БСКО ранга (4,4) и довольно быстро обнаружили, что в такой теории, построенной по образу и подобию БСКО ранга (3,3), возникает естественное обобщение 2-компонентных спиноров в виде 3-компонентных величин в комплексном 3-мерном пространстве, где определены линейные преобразования,



А. В. Соловьев выступает на школе
ТФС-3. Фото автора

оставляющие инвариантной антисимметричную кубичную форму из компонент обобщенных величин. Естественно было назвать их обобщенными или *финслеровыми* спинорами. Вскоре мы нашли, что при описании квантовой хромодинамики, основанной на локализации группы $SU(3)$, где естественным образом возникают (3×3) -матрицы Гелл-Манна и 3-компонентные величины, физик-теоретик Л. Б. Окунь уже применил термин «3-компонентные спиноры».

Изучая с моим сначала аспирантом, а затем сотрудником А. В. Соловьевым эту теорию, а также переход от БСКО ранга (4,4) к унарной геометрии путем специфической сшивки элементов двух множеств бинарной системы, мы получили в итоге 9-мерную финслерову геометрию, обобщающую

4-мерную геометрию, вытекающую из БСКО ранга (3,3). В этой теории вместо 6-параметрической группы Лоренца имеет место 16-параметрическая группа, описывающая линейные преобразования 9-мерных векторов. Если попытаться ограничиться ее 6-параметрической подгруппой, выделяющей 4-мерные многообразия, то оказывается, что это можно сделать тремя частично перекрывающимися способами. В каждом из получающихся 4-мерных пространств 9-мерные векторы представляются в виде совокупности из компонент 4-мерного вектора и спиноров. Допустимые преобразования перемешивают компоненты векторов и спиноров, что оказывается похожим на суперсимметричные преобразования в теории поля.

Затем мы перешли к рассмотрению теории БСКО ранга (5,5), в которой также естественным образом возникают финслеровы 4-компонентные спиноры, от которых можно перейти к 16-мерной унарной финслеровой геометрии. А. В. Соловьев нашел тесную связь этой теории с теорией твисторов Пенроуза.

Аналогичная ситуация возникает в теории БСКО ранга (6,6), приводящей к 5-компонентным финслеровым спинорам, для которой определена группа $SL(5, C)$. Из нее можно выделять подгруппу преобразований $SL(2, C) \times SU(3)$, которая используется для описания обычных 2-компонентных спиноров (группа $SL(2, C)$) с учетом преобразований $SU(3)$ во внутреннем хроматическом пространстве. Это уже содержало явный намек на использование теории БСКО ранга (6,6) для описания сильных взаимодействий.

Таким образом, мы с А. В. Соловьевым вскрыли новый канал обобщения теории 2-компонентных спиноров и ввели финслеровы спиноры с произвольным числом компонент. Напомню, что в большинстве работ говорится лишь об общепринятом канале обобщения теории 2-компонентных спиноров на основе алгебр Клиффорда над полем вещественных чисел, где возникают

спиноры с числом компонент 2^n , т. е. общепринятые спиноры могут обладать лишь 2, 4, 8, 16 и т. д. компонентами.

В итоге перед нами стала разворачиваться довольно стройная теория, в которой объединялись принципы теории относительности, многомерных геометрических моделей типа теорий Т. Калуцы и О. Клейна и ряд характерных черт современных теорий физических взаимодействий.

Это уже было нечто большее, нежели теория физических структур в понимании Кулакова. С учетом ее применения для описания физических взаимодействий постепенно развивалась давно обдумываемая мною программа, в которой существенно использовались математические идеи теории бинарных физических структур Кулакова. Эту теорию я назвал бинарной геометрофизикой, поскольку это название отражает суть подхода к физике на основе бинарной геометрии.

Получаемые результаты регулярно докладывались на проводимых нами с Кулаковым школах по теории физических структур. Так, на 2-й школе (1987 г.) я прочитал 5 лекций. В первой лекции «Биспиноры и физические структуры ранга (3,3)» излагался ключевой результат, знаменовавший начало построения бинарной геометрофизики, которая тогда еще так не именовалась. Мои другие лекции «Теория прямого межчастичного взаимодействия», «Принцип Маха в современной теоретической физике» и «Многомерные геометрические единые теории поля» были посвящены обсуждению смежных проблем, которые еще тогда не были связаны с теорией систем отношений и лишь позже войдут в блок основных идей бинарной геометрофизики. В то время я лишь интуитивно ощущал необходимость их соединения с идеями ТФС, старался прояснить эту связь, но тогда она еще вырисовывалась смутно.

193

8.3. Физические взаимодействия в унарной теории

Развитие теории 2-компонентных и финслеровых спиноров в рамках бинарных систем комплексных отношений представляет интерес в математическом плане, однако для построения физической теории не хватало самого главного, — отсутствовали физические взаимодействия, а именно они лежат в основе всех понятий как геометрии, так и физики. Для построения более или менее полной реляционной картины мироздания необходимо было найти способ описания физических взаимодействий.

Несмотря на то что Ю. И. Кулаков пришел к открытию бинарных систем отношений (структур) посредством реляционной переформулировки второго закона Ньютона, в развиваемой им далее теории взаимодействия отсутствовали в принципе. Закон Ньютона является нерелятивистским и, в формулировке Кулакова, одномерным, а надо было построить 4-мерную релятивистскую теорию. Мы много раз обсуждали с Г. Г. Михайличенко вопрос об описании реальных физических взаимодействий в терминах теории физических структур, но все было безуспешно.

Дело в том, что в основе ТФС лежал принцип фундаментальной (в терминах Кулакова — феноменологической) симметрии. На основе его теории можно было построить реляционные аналоги лишь геометрий с симметриями:

Евклида, Минковского, Лобачевского, Римана (пространств постоянной положительной кривизны) и т. д. А современный калибровочный подход в теории поля показывал, что взаимодействия можно ввести посредством нарушения имеющихся симметрий. Как описать нарушение фундаментальных симметрий в ТФС? Мы думали над этим вопросом, но долгое время нам не удавалось решить эту проблему.

Спустя некоторое время стало понятно, как следует вводить взаимодействия в реляционную теорию, причем оказалось, что это можно сделать как в рамках унарных, так и бинарных систем отношений. Это делается принципиально различным образом с использованием идей, уже давно применявшихся в других метафизических парадигмах.

8.3.1. Прямое электромагнитное взаимодействие в терминах систем отношений

Как описать взаимодействия в унарной теории отношений нам подсказали работы А. Фоккера, Р. Фейнмана и других авторов, развивавших теорию прямого межчастичного взаимодействия. Для этого нужно было взглянуть на принцип действия Фоккера под новым углом зрения. Напомним, что в принципе Фоккера для прямого электромагнитного взаимодействия в выражении для действия под знаком интеграла стоят две инвариантные комбинации характеристик взаимодействующих частиц: скалярное произведение электрических токов двух частиц и дельта-функция Дирака от квадрата интервала между этими частицами. Первую можно трактовать (с точностью до произведения зарядов) как парное отношение между частицами в пространстве скоростей. А нам хорошо известно, что эти отношения характеризуются унарным законом в виде равного нулю определителя Грама, построенного на 5 элементах (на 4-мерных скоростях частиц, нормированных на единицу), что соответствует закону для геометрии Лобачевского.

Второе инвариантное выражение (дельта-функцию Дирака) можно трактовать как пространственно-временное отношение, поскольку аргументом дельта-функции является квадрат интервала. Однако, встал вопрос: как представить дираковскую дельта-функцию, введенную в иной, теоретико-полевой парадигме, в реляционном виде? Здесь нам помощь оказали работы многих авторов по хроногеометрии.

Напомним, что хроногеометрия основана на задании промежутков времени и расстояний между двумя произвольными событиями методом радиолокации, т. е. на основе показаний часов одиночного наблюдателя: времен отправления и приема отраженного светового (электромагнитного) сигнала от события, лежащего вне мировой линии наблюдателя. (Подчеркнем, что здесь опять ключевую роль играет понятие системы отсчета.) Этот метод пояснен на рис. 6.

Легко видеть, что три события: момент испускания сигнала, момент отражения и момент его приема наблюдателем образуют треугольник. Введем релятивистские значения сторон этого треугольника, каковыми являются интервалы между соответствующими событиями. Очевидно, что два из трех интервалов равны нулю, а третий равен разности показаний часов одиночного наблюдателя. Далее вспомним, что площадь треугольника можно вычислить с помощью формулы Герона, зная его стороны. Эту формулу можно записать

через определитель Кэли—Менгера для трех элементов — сторон треугольника. (Вспомним через этот определитель записывается закон для одномерной геометрии.) Подставляя в эту формулу релятивистские длины (интервалы), находим, что его площадь оказывается пропорциональной квадрату разности времен, т. е. квадрату расстояний между двумя точками-событиями испускания и приема отраженного сигнала. А именно от этого выражения зависит знаменатель дираковской дельта-функции. Числитель же дираковской дельта-функции, состоящий из суммы дельта-функций для запаздывающего и опережающего сигналов, отображается нулевыми значениями интервалов двух сторон треугольника. Следовательно, дираковская дельта-функция в теории отношений имеет трехточечный характер.

Заметим, что формула Герона, соответствующая дираковской дельта-функции, представляет собой значение диагонального минора из определителя Кэли—Менгера в законе 4-мерной геометрии пространства-времени Минковского.

Таким образом, теория прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия может быть представлена в реляционном в виде посредством двух унарных систем вещественных отношений. Это означает, что классическая электродинамика может быть отнесена к дуалистической (реляционной) метафизической парадигме, т. е. строится на двух обобщенных категориях, каковыми являются пространственно-временные и токовые отношения. Именно это отображено двумя заштрихованными гранями куба физической реальности, изображенного на рис. 2 во Введении этой книги. В этом плане унарная реляционная теория также является дуальной, как и теории геометрической парадигмы (общая теория относительности, многомерные теории Калуцы и Клейна и т. д.), и теории теоретико-полевой парадигмы (квантовая теория поля, суперсимметричные теории и т. д.).

Конечно, нужно себе отдавать отчет в том, что здесь шла речь о смысле действия теории прямого межчастичного взаимодействия, к которому затем применяется вариационный принцип, основанный на понятии континуума, а не дискретного распределения точек-событий. Понятие континуума точек следует рассматривать как упрощенную модель для случая огромного числа событий, происходящих с рассматриваемой системой.

Полученные результаты по описанию физических взаимодействий в рамках теории систем отношений я излагал в своих лекциях на наших школах по теории физических структур. Так, на 3-й школе (1988 г.) я прочитал 6 лекций. В трех из них: «Концептуальное единство теории прямого межчастичного взаимодействия и ТФС», «Принцип описания взаимодействий в ТФС» и «Бинарное многомерие» — уже была установлена связь идей ТФС с кон-

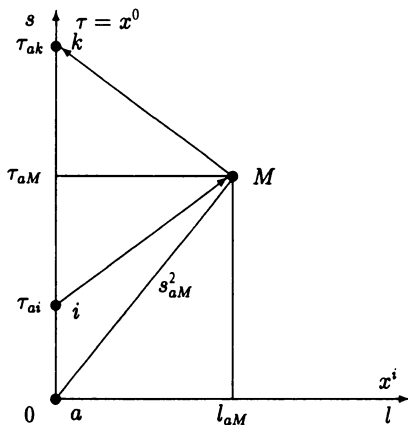


Рис. 6. Задание двух координат события M методом хроногеометрии



Г. Г. Михайличенко, Ю. И. Кулаков, В. И. Шахов и Ю. С. Владимиров в Горно-Алтайске обсуждают проблемы соотношения ТФС и бинарной геометрофизики. Фото В. Дегтярева

196

цепцией дальнего действия и многомерными геометрическими моделями. Последнее состояло в том, что была осознана связь бинарных структур рангов $(4,4)$ и выше с унарным многомерием. Было понято, что роль лагранжианов стандартной теории выполняют миноры максимального ранга в определителях соответствующих законов бинарных структур. В двух лекциях: «Структура ранга $(2,2; a)$ и хроногеометрия» и «Теория физических структур и квантовая механика» — была показана роль комплексифицированной бинарной структуры минимального ранга $(2,2)$ в физической картине мира. Эта вырожденная структура и две ее разновидности соответствуют классическому и квантовому аспектам теории.

На 4-й школе (1989 г.) мною было прочитано 5 лекций. Первая лекция называлась «ТФС и физические парадигмы». В ней было указано место развиваемых Кулаковым и мною программ среди других физических теорий. Было продемонстрировано, что здесь речь идет именно о реляционной парадигме. В двух лекциях: «Спинорное описание частиц как проявление бинарной структуры ранга $(3,3; 6)$ » и «4-Мерное пространство-время как композиция бинарных структур» — излагалось развитие результатов, доложенных на предыдущей школе, а еще две лекции: «Описание электрослабых взаимодействий в рамках ТФС» и «Бинарная структура ранга $(4,4; 6)$ » — были посвящены первым пробам описания электрослабых и сильных взаимодействий в рамках бинарной геометрофизики.

Сам термин «бинарная геометрофизика» прозвучал на 5-й школе во Львове в 1990 г. Там я прочитал 2 лекции: «Основные идеи бинарной геометрофизики» и «Многоточечная геометрия и ТФС».

8.3.2. Вторичный характер прямого гравитационного взаимодействия

Несколько позже стало понятным, как на основе теории унарных систем вещественных отношений описать прямое межчастичное гравитационное взаимодействие, соответствующее уже упомянутым результатам Грановского и Пантюшина. При этом был получен неожиданный для нас результат: оказалось, что в реляционной парадигме гравитационное взаимодействие не первично, а является вторичным, т. е. производным от других видов взаимодействий, главным образом электромагнитного, являясь его своеобразным квадратом.

Поясню данное утверждение. Как известно, основные понятия геометрии, — сами координаты, площади, объемы, углы и т. д., — выражаются через миноры определителя, характеризующего закон используемой системы отношений. Например, если задать закон для геометрии пространства-времени Минковского, выражаемый в виде равенства нулю определителя Кэли—Менгера на 6 точках-событиях, то, беря диагональные миноры меньшего ранга, можно получить 3-мерный объем (на 4 точках), площадь (на 3 точках). Сам базис (тело отсчета) характеризуется своим объемом. У Кулакова и других авторов приводятся выражения для координат точек через миноры (не только диагональные) определителя в законе. Выше уже было сказано о реляционном аналоге дельта-функции Дирака, который может быть выражен через минор на трех точках из определителя Кэли—Менгера.

Принцип действия Фоккера для электромагнитного взаимодействия убедительно показывает необходимость рассмотрения двух типов унарных законов: для пространственно-временных и токовых (в пространстве скоростей) отношений. Второй, токовый закон записывается посредством равенства нулю определителя Грама на 5 токах (скоростях). Естественно возник вопрос: если миноры определителя Кэли—Менгера позволяли получать важные геометрические понятия, то почему бы не поискать аналогичные физически значимые выражения из миноров определителя Грама?

Первая же проба привела к удивительному результату: оказалось, что диагональный минор второго порядка, записанный в тензорном виде с точностью до коэффициента совпадает с выражением в действии фоккеровского вида для случая линеаризованной гравитации. Напомню, что в принципе действия Фоккера для электромагнитного взаимодействия содержится скалярное произведение 4-токов двух заряженных частиц. Элементами определителя Грама как раз являются скалярные произведения токов. Значит, в принципе Фоккера для электромагнетизма используются миноры минимального первого ранга из закона токовых отношений. Определитель же следующего, второго ранга строится из комбинаций произведений четырех токов двух частиц, которая фактически входит в принцип Фоккера для линеаризованного гравитационного взаимодействия, где вместо токов содержатся компоненты тензора энергии-импульса двух взаимодействующих частиц. Последний строится квадратично из компонент 4-скоростей соответствующих частиц.

Существенное различие состояло в том, что в принципе Фоккера для линеаризованной гравитации стоит произведение масс взаимодействующих частиц, а в полученном миноре второго порядка оказалось произведение квадратов электрических зарядов двух частиц. На первый взгляд, получилась

нелепость, — ведь мы знаем, что массы частиц не выражаются через их электрические заряды. Частицы могут быть и незаряженными. Однако несурзациа возникает лишь на первый взгляд. Можно предположить, что принцип Фоккера пишется для неких идеализированных разноименно заряженных частиц с одинаковой массой, пропорциональной квадрату заряда электрона, а формулу Грановского и Пантюшина можно трактовать как результат суммирования по всем элементарным идеализированным частицам. Тогда вместо квадрата заряда отдельной частицы получается сумма квадратов, которая всегда положительна и отлична от нуля даже в случае нейтральных тел, что вполне соответствует гравитационному взаимодействию. Ведь сумма квадратов слагаемых не равна квадрату их суммы.

То же самое можно сказать и о смысле принципа Фоккера для электромагнетизма, где линейное суммирование по зарядом элементарных частиц, составляющих макрообъект, дает значение итогового заряда макроскопического тела.

Может возникнуть другое возражение. Значение массы, пропорциональное квадрату заряда, после подстановки фундаментальных констант для обеспечения нужной размерности оказывается слишком большим, порядка планковской массы ($m_P \simeq 10^{-5}$ г). Но и тут имеется простое решение. Ведь в данном рассуждении речь шла о построении классического действия, которое состоит из действия фоккеревского типа для электромагнитного и гравитационного взаимодействий. Мы имеем право полагать, что вклады от миноров разного порядка должны входить в действие с разными коэффициентами. Этот коэффициент можно найти из дополнительных соображений. Он перенормирует планковские массы до физически приемлемого значения, например, массы нуклона.

Этот ход рассуждений приводит к ряду чрезвычайно интересных следствий. Отсылая интересующихся к нашим публикациям¹⁰, назовем наиболее интересные из них.

1. В данном подходе естественным образом реализуется принцип Маха, связывающий массы отдельных частиц со свойствами Вселенной в целом. Можно показать, что свободная часть в действии отдельных частиц представляет собой завуалированное суммированием взаимодействие выделенной частицы со всем окружающим миром.
2. Полученный в реляционном подходе вывод о вторичном характере гравитации, представляющей собой своеобразный квадрат электромагнетизма, можно разглядеть уже в рамках 5-мерной (унарной) геометрической модели Калуцы, где выражение для компонент 4-мерного метрического тензора представляется в виде суммы из квадрата векторного потенциала и компонент исходной 5-мерной метрики. На это обращали внимание все занимавшиеся 5-мерной теорией гравитации и электромагнетизма. Однако сделать данный вывод не позволяло слагаемое из исходной 5-мерной метрики, которое позволяло считать электромагнетизм и гравитацию независимыми. Теперь становится понятным смысл этого слагаемого. Оно отражает уже упомянутое утверждение о разнице между квадратом суммы

¹⁰ См., например, монографию: *Владимиров Ю. С. Основания физики*. М.: БИНОМ (Лаборатория знаний), 2008.

слагаемых и суммой их квадратов. В выражение для 4-мерной метрики входит квадрат векторных потенциалов (квадрат суммы вкладов), а компоненты исходной 5-мерной метрики содержат в себе отличие от суммы квадратов электромагнитных вкладов.

3. В связи с данным выводом о вторичном характере гравитации следует вспомнить ряд гипотез и предположений такого же типа, но высказанных совсем из иных соображений А. Д. Сахаровым¹¹, С. Л. Адлером, П. Уэстом и некоторыми другими авторами.
4. Представляют интерес и другие миноры из определителя Грама. Можно показать, что недиагональный минор второго же порядка, включающий в себя диагональное слагаемое, также имеет вполне четкий физический смысл, поскольку он описывает гравитационное воздействие третьих частиц на электромагнитное взаимодействие двух избранных заряженных частиц. Эти слагаемые фактически отражают электромагнитное взаимодействие двух зарядов, находящихся в заданном гравитационном поле, например, в метрике Шварцшильда.
5. Как известно, гравитационное взаимодействие в эйнштейновской теории гравитации имеет нелинейный характер. Возникает вопрос об их описании в реляционной теории. Решение этой проблемы видится в учете диагональных миноров третьего и четвертого порядков, т. е. этот вопрос решается в духе наших ранних работ с Турыгиным: путем учета кроме двухчастичных еще 3- и 4-частичных взаимодействий.
6. Есть основания полагать, что фейнмановская теория поглотителя, приводящая к исключению опережающих воздействий, но к удвоению запаздывающих воздействий, описывается минорами, не содержащими диагональных слагаемых в определителе Грама.
7. Исходя из охарактеризованной здесь электромагнитной природы гравитации, можно поставить вопрос о влиянии на гравитацию других видов взаимодействий, т. е. слабых (электрослабых) и сильных взаимодействий. На этом пути открывается перспектива получения новых теоретических и экспериментальных следствий.
8. Данный результат наглядно свидетельствует о зависимости понимания соотношения гравитации и электромагнетизма от используемой метафизической парадигмы. Как известно, в теоретико-полевой парадигме гравитационное и электромагнитное взаимодействия рассматриваются на «равной ноге», т. е. считаются независимыми. Разница состоит лишь в том, что они переносятся полями разной тензорной размерности: электромагнитное поле векторное, а гравитационное поле описывается тензором второго ранга.

В геометрической парадигме гравитация и электромагнетизм объединяются в рамках 5-мерной теории Калуцы, причем электромагнетизм возникает в виде своеобразного обобщения теории гравитации — описывается дополнительными компонентами смешанного 5-мерного метрического тензора.

В реляционной парадигме проявляется третий вариант, — гравитация выступает уже как следствие электромагнетизма.

¹¹ Сахаров А. Д. Научные труды. М.: АОЗТ, ЦентрКом, 1995.

8.4. Физические взаимодействия в бинарной геометрофизике

Для описания физических взаимодействий в рамках бинарных систем отношений следует использовать бинарное многомерие в духе описания взаимодействий в унарных многомерных геометрических моделях типа теории Т. Калуцы. Это означает, что, если БСКО ранга $(3,3)$ соответствует 4-мерным геометриям, то для описания взаимодействий следовало перейти к БСКО более высоких рангов $(r > 3)$. Очевидно, что в этих теориях возникнут финслеровы спиноры с числом компонент $(r - 1) > 2$. Предлагалось распорядиться ими так, как это делается в унарных многомерных геометрических моделях типа теории Калуцы: две компоненты (как в БСКО ранга $(3,3)$) считать описывающими спин и 4-скорость, а дополнительные компоненты трактовать обуславливающими зарядовые свойства частиц.

8.4.1. Элементарные частицы

Простейшее бинарное многомерие основывается на БСКО ранга $(4,4)$. В такой теории имеем 3-компонентные финслеровы спиноры с одной дополнительной компонентой. Эту теорию логично сопоставить с минимальной унарной многомерной моделью, т. е. с 5-мерной единой теорией Калуцы, описывающей электромагнитное взаимодействие. Следовательно, дополнительная компонента финслерова спинора должны быть связана с электрическим зарядом частицы.

Далее следовало учесть, что массивные частицы должны описываться парами элементов, — левой и правой компонентой. Только в этом случае из параметров частицы может быть построен неизотропный вектор, соответствующий его 4-скорости. Следовательно, такая элементарная частица, участвующая в электромагнитных взаимодействиях, должна описываться (2×3) -матрицей комплексных параметров, нижняя строка в которой характеризует заряд частицы. Поскольку эта строка состоит из двух элементов, то оказывается, что такая частица может иметь еще какой-то заряд. Анализ показал, что в простейшем бинарном многомерии можно описать также некоторые закономерности стандартной модели электрослабых взаимодействий Вайнберга—Салама—Глэшоу.

Такая теория была построена, но этого было мало. Необходимо было перейти к описанию всех известных видов физических взаимодействий, включая и сильные взаимодействия, которые в общепринятой теоретико-полевой парадигме описываются калибровочной хромодинамикой. В хромодинамике частицы могут обладать тремя хроматическими (цветовыми) зарядами, а сами сильно взаимодействующие барионы состоят из трех кварков. Для того чтобы описать взаимодействия между всеми видами частиц (как участвующими, так и не участвующими в сильных взаимодействиях), пришлось уподобить факт 2-компонентного строения частиц, участвующих лишь в электрослабых взаимодействиях, с фактом 3-кварковой структуры сильно взаимодействующих частиц. Это означает выдвижение гипотезы, что все элементарные частицы, включая нейтрино, в бинарной геометрофизике описываются тройками элементов в каждом состоянии.

Более того, для описания также сильных взаимодействий пришлось повысить ранг используемой БСКО, — перейти к БСКО ранга $(6,6)$, где каждый

элемент характеризуется пятью комплексными параметрами. В итоге оказалось, что состояние каждой элементарной частицы должно описываться прямоугольной (3×5) -матрицей. Так, если частица B в начальном состоянии описывается тройкой элементов i, k, j , то ей соответствует матрица:

$$B(ikj) \rightarrow \left(\begin{array}{ccc|ccc} i^1 & k^1 & j^1 & & & \\ i^2 & k^2 & j^2 & & & \\ \hline i^3 & k^3 & j^3 & & & \\ i^4 & k^4 & j^4 & & & \\ i^5 & k^5 & j^5 & & & \end{array} \right). \quad (8.1)$$

Упомянутое выше выделение пары общепринятых спинорных параметров означает $(2+3)$ -расщепление параметров элементов БСКО ранга (6,6) на внешние и внутренние. Это отображено горизонтальной линией, разделяющей исходную (3×5) -матрицу на прямоугольную (3×2) -матрицу из внешних параметров и квадратную (3×3) -матрицу из внутренних (зарядовых) параметров.

В бинарной геометрофизике лептоны и барионы единообразно описываются тройками элементов. Барионы характеризуются общим случаем, когда все три 2-столбца из внешних параметров содержат ненулевые компоненты, а для массивных лептонов (электронов (e)) матрица имеет тот же вид, однако один из верхних 2-компонентных столбцов состоит из нулевых внешних параметров. Верхние две строки соответствуют внешним 2-компонентным спинорам, а оставшиеся три строки — дополнительным параметрам (3-компонентным финслеровым спинорам). Для нейтрино (ν), также описываемого (3×5) -матрицей, два 2-столбца из внешних параметров являются нулевыми. Число нулевых столбцов из внешних параметров является инвариантным свойством частиц относительно выделенных групп преобразований параметров.

Очевидно, что имеются три возможности (по числу 2-компонентных столбцов из внешних параметров) для определения массивных лептонов и аналогичные им три возможности для определения нейтрино. В бинарной геометрофизике эти *три возможности предлагается интерпретировать как три поколения лептонов*.

Многие положения бинарной геометрофизики соответствуют принятым в стандартных калибровочных моделях физических взаимодействий. В рамках бинарной геометрофизики определяются барионы, кварки, лептоны и т. д.

В случае массивных лептонов оказываются задействованными лишь два элемента-столбца (левая и правая компоненты), как это делается и в стандартной модели электрослабых взаимодействий. Для нейтрино задействованным оказывается лишь один столбец внешних параметров (левая компонента) опять в согласии с общепринятой теорией.

Очевидно, не всякая пара элементов БСКО ранга (3,3) может считаться описывающей одну и ту же идеализированную частицу. На внешние параметры элементов, характеризующих один лептоны, наложены специфические условия связи «по горизонтали» (в одном множестве элементов) и «по вертикали» (в двух множествах). Так, для *свободных* лептонов условия связи по вертикали означают, что параметры двух пар элементов в двух множествах комплексно сопряжены друг другу, в согласии с правилами квантовой механики.

В бинарной геометрофизике эти условия связи представляют собой прообраз уравнений Дирака в импульсном пространстве.

8.4.2. Бинарный объем как прообраз физического действия

Для построения содержательной теории физических взаимодействий недостаточно указать лишь строительный материал — необходимо возвести само «здание теории» с неким несущим «каркасом». В рамках общепринятой теории, как правило, роль «каркаса» выполняет физическое действие S или входящий в его определение лагранжиан (гамильтониан) рассматриваемой системы. В специфической формулировке квантовой механики таковым «каркасом» служит S -матрица, при геометрическом подходе опираются на метрику и скалярную кривизну. В бинарной геометрофизике следовало подыскать выражение, подходящее быть прообразом трех названных родственных понятий физики: S -матрицы, действия (или лагранжиана) взаимодействия двух элементарных частиц, многомерной метрики.

Такое искомое выражение должно было удовлетворять следующим естественным условиям:

- 1) симметричным образом содержать характеристики двух взаимодействующих частиц, каждая из которых описывается тремя элементами;
- 2) симметричным образом содержать начальные и конечные характеристики двух рассматриваемых частиц, что соответствует симметрии направлений времени;
- 3) быть инвариантным относительно соответствующей группы преобразований в рамках используемой БСКО;
- 4) удовлетворять принципу соответствия с лагранжианами общепринятой теории поля.

В общепринятой теории поля имеют место аналоги всех перечисленных условий.

Оказывается, такие выражения имеются в БСКО рангов $(4,4)$ и $(6,6)$, причем они оказываются единственными. Это так называемые *базовые* (4×4) - и (6×6) -отношения, симметричным образом содержащие параметры двух взаимодействующих частиц. Для общего случая БСКО ранга $(6,6)$ они записываются для $3 + 3 = 6$ элементов двух частиц в начальном состоянии и $3 + 3 = 6$ элементов двух частиц в конечном состоянии. Оно строится из окаймленного с двух сторон определителя, входящего в закон данной БСКО ранга $(6,6)$. В отличие от неокаймленного определителя, базовое (6×6) -отношение в общем случае отлично от нуля и является инвариантным относительно преобразований из группы $SL(5, C)$, а следовательно и его подгруппы в виде $SL(2, C) \times SU(3)$. Последняя характерна для теории сильных взаимодействий и реализуется в нижней (зарядовой) (3×3) -матрице в приведенной выше формуле.

Физическая интерпретация базового (6×6) -отношения проиллюстрирована диаграммами рис. 7, где слева изображена 12-хвостка бинарной геометрофизики. Две тройки нижних линий описывают начальные состояния двух частиц, а две верхние тройки — их конечные состояния. В середине представлено обобщение диаграммы фейнмановского типа, а справа дана стандартная диаграмма рассеяния одной частицы на другой.

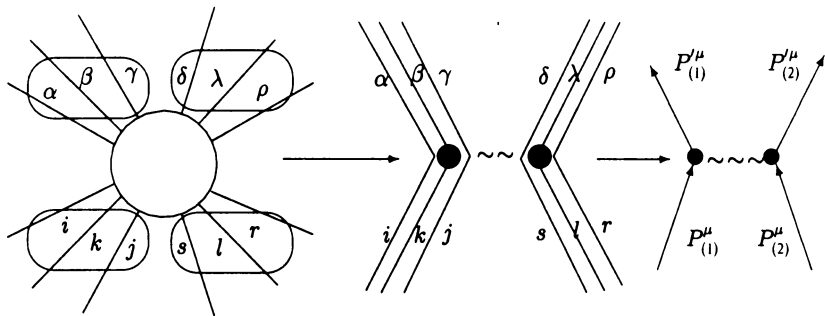


Рис. 7. Физическая иллюстрация базового (6×6) -отношения

Сделаем несколько замечаний относительно базового (6×6) -отношения.

1. Прообраз действия взаимодействия двух элементарных частиц представляет собой своеобразный объем в бинарной геометрии ранга $(6,6)$, аналогичный выражениям объема через определители в унарной геометрии.
2. В прообразе действия, как и во всей теории, среди первичных понятий нет промежуточных бозонов (глюонов, бозонов). Взаимодействие описывается непосредственно через характеристики (параметры) частиц в духе теории прямого межчастичного взаимодействия Фоккера—Фейнмана. При желании промежуточные бозоны можно ввести как вторичные вспомогательные понятия.
3. Для взаимодействующих частиц уже не выполняются условия комплексного сопряжения параметров элементов двух множеств (нарушаются условия связи «по вертикали»). Вводя для элементов частиц в начальных и конечных состояниях комплексно сопряженные величины и строя из них по известным формулам 4-скорости (импульсы), можно привести к типичному для S -матрицы виду, содержащему характеристики (импульсы) частиц до и после взаимодействия.

Для перехода от базового (6×6) -отношения к прообразу действия (лагранжиана) двух частиц необходимо, прежде всего, базовое (6×6) -отношение представить в редуцированном на «4-мерие» виде, когда выделены параметры с индексами 1 и 2 и итоговое выражение имеет лоренцен-инвариантный ($SL(2, C)$ -инвариантный) вид. Это достигается разложением окаймленного определителей по первым двум строкам.

Сумму из получающихся слагаемых можно разбить на ряд подмножеств (блоков), которые имеют различный физический смысл. Одни представляются в виде произведений 4-токов взаимодействующих частиц, — они описывают члены взаимодействия элементарных частиц с соответствующими зарядовыми коэффициентами. Другой тип слагаемых соответствует «свободным» частицам, третий тип — массовым слагаемым. Но имеются и «лишние» слагаемые, часть из которых устраняется естественными условиями. Однако среди них могут оказаться и такие, физический смысл которых пока не ясен.

Поскольку все слагаемые базового (6×6) -отношения записываются через определители, которые обращаются в нуль при одинаковых столбцах, то

очевидно, что отличные от нуля выражения получаются лишь в случаях, если взаимодействующие частицы характеризуются разными значениями параметров. Это приводит к необходимости введения постулата об **обменном характере физических взаимодействий** элементарных частиц, относящегося как к внешним, так и особенно к внутренним параметрам, поскольку из них строятся дискретные значения зарядов взаимодействующих частиц.

Отметим, что постулат об обменном характере взаимодействий по внутренним параметрам вполне соответствует общепринятым представлениям в теории поля, где взаимодействующие частицы обмениваются промежуточными бозонами, что отражается диаграммами фейнмановского типа. Очевидно также, что атомы, находящиеся в одном и том же квантовом состоянии не будут обмениваться фотонами. В более глобальном смысле о подобном обменном механизме писал и Р. Пенроуз в рамках своей твисторной программы, только там имелся в виду обмен спинами частиц.

8.4.3. Категория промежуточных полей как вторичное понятие в бинарной геометрофизике

1. Как уже отмечалось, в реляционном подходе (в концепции дальнего действия Фоккера—Фейнмана) среди первичных понятий нет промежуточных полей переносчиков взаимодействий (векторных бозонов), однако в классической области теории в концепциях ближнего действия и дальнего действия в своих выводах совпадают. Это объясняется следующим. В концепции дальнего действия каждая частица находится в релятивистском контакте со всеми частицами окружающего мира, что описывается учетом событий с ними на конусе прошлого выделенной частицы. Следовательно, для определения изменения ее состояния в данный момент времени необходимо просуммировать по всем прошлым моментам событий, происходивших на прошлом световом конусе этой частицы.

Это существенно отличается от описания поведения частиц в теоретико-полевой парадигме (в теории поля), где изменение состояния частиц определяется свойствами системы лишь в точке ее нахождения и в рассматриваемый момент времени. Локальность обеспечивается введением полей, которые заменяют другие частицы, находящиеся в релятивистском контакте в прошлом, на их воздействие на избранную частицу в настоящем.

2. В реляционном подходе вместо полей присутствуют лишь характеристики взаимодействующих частиц. Таковыми являются только параметры элементов, определяющих частицы. Поскольку в рамках калибровочной теории поля уже установлен вполне определенный набор промежуточных векторных бозонов, переносящих взаимодействия, то в данном реляционном подходе им соответствует дискретный набор внутренних параметров, характеризующих несколько состояний элементарных частиц. Можно указать инвариантные критерии состояний, соответствующие 8 глюонам, «переносящим» сильные взаимодействия (трем парам заряженных глюонов $X_\mu^\pm$, $Y_\mu^\pm$, $Z_\mu^\pm$ и двум нейтральным A - и B -глюонам) и 4 промежуточным бозонам, «переносящим» электрослабые взаимодействия (одной паре заряженных $W_\mu^\pm$ -бозонов и двум нейтральным бозонам: фотону A_μ и Z_μ -бозону).

3. В бинарной геометрофизике используется существенно иной, по сравнению с теорией поля, взгляд на соотношение сильных и электрослабых взаимодействий. В общепринятой калибровочной теории поля для описания взаимодействий фактически используются три вида пространств: 1) внешнее, соответствующее классическому 4-мерному пространству-времени с группой преобразований Лоренца (с группой $SL(2, C)$), 2) внутреннее пространство электрослабых взаимодействий, в котором имеет место группа $SU(2) \times U(1)$ и 3) внутреннее (хроматическое) пространство сильных взаимодействий с группой $SU(3)$. Теория строится по принципу композиции этих пространств, который можно назвать *принципом «кубиков»*.

В бинарной геометрофизике предлагается более экономный подход, основанный на понимании электрослабых и сильных взаимодействий как разных частных случаев единого обобщенного взаимодействия. Переход к электрослабым взаимодействиям осуществляется из общего случая специальными условиями на матрицу внутренних (зарядовых) параметров.

4. Поскольку внутренние параметры составляют нижние (3×3) -матрицы в определении частиц, то необходимые критерии состояний следует искать в свойствах этих матриц в целом. Анализ показал, что это можно сделать на основе алгебраической классификации (3×3) -матриц из внутренних параметров, соответствующей алгебраической классификации Петрова пространств Эйнштейна в общей теории относительности.

5. Существует три возможности усечения общей теории на случай электрослабых взаимодействий, которые соответствуют наличию трех поколений элементарных частиц. В данном подходе имеет место соответствие каналов («полей промежуточных бозонов») в сильных и электрослабых взаимодействиях. *Электромагнитные взаимодействия находятся в некотором соответствии с сильными взаимодействиями через нейтральные А-глюоны, слабые взаимодействия через нейтральные векторные Z-бозоны соответствуют сильным взаимодействиям через нейтральные В-глюоны, а электрослабые взаимодействия через заряженные векторные W[±]-бозоны — сильным взаимодействиям через одну из пар заряженных векторных глюонов (пусть таковыми будут X[±]-глюоны).*

6. Отметим, что нечто аналогичное можно усмотреть и в многомерных геометрических моделях физических взаимодействий. При обсуждении 8-мерной геометрической модели грави-сильных взаимодействий было показано, что из обобщенной 8-мерной модели можно получить как сильные, так и электрослабые взаимодействия кварков. В последнем случае необходимо было произвести редукцию, т. е. понижение размерности до семи. Таким образом, имеются далеко идущие аналогии в объединении физических взаимодействий в рамках геометрического и реляционного подходов.

7. Кратко охарактеризованные выше процедуры и принципы позволяют единообразно записать прообразы действия (лагранжиана) взаимодействия как сильного, так и электрослабого, для барионов, а также и электрослабые взаимодействия лептонов, как массивных, так и нейтрино, друг с другом и с барионами (кварками). Эти прообразы строятся в виде комбинаций из произведений 4-скоростей (из внешних параметров) компонент частиц (кварков) с соответствующими коэффициентами из внутренних параметров, имеющими физический смысл зарядов в сильных и электрослабых взаимодействиях.

8. Однако при описании взаимодействий остаются неопределенными количества и значения независимых констант и зарядов в соответствующих взаимодействиях. Этот пробел можно устранить учетом специального принципа симметрии каналов физических взаимодействий. С помощью этого принципа показывается, что сильные взаимодействия характеризуются только одной константой, соответствующей константе g_0 в хромодинамике, а электрослабые взаимодействия — двумя константами, соответствующими известным зарядам g_1 и g_2 в модели Вайнберга—Салама—Глэшоу.

9. Примечательным свойством бинарной геометрофизики является то, что заряды частиц принимают квадратичный характер, как и все другие классические выражения, т. е. более первичными оказываются корни квадратные от электрического и других зарядов.

8.5. Анализ содержания бинарной геометрофизики

Истоки представленной здесь бинарной геометрофизики можно разглядеть в трудах Г. Лейбница, Э. Маха, А. Фоккера, Я. И. Френкеля, Р. Фейнмана, Ю. И. Кулакова и ряда других естествоиспытателей и физиков-теоретиков. В бинарной геометрофизике используются и развиваются высказанные ими идеи с учетом новых математических методов и достижений теоретической физики рубежа XX и XXI веков.

Положенные в основу бинарной геометрофизики идеи, использованные математические методы и целевая направленность этой теории пояснены на блок-схеме рис. 8.

Как следует из нижней части блок-схемы, бинарная геометрофизика опирается на следующую совокупность тесно связанных друг с другом физических концепций и идей. В их число входят:

- 1) реляционный подход к сущности классического пространства и времени, альтернативный широко распространенному субстанциальному подходу;
- 2) концепция дальнего действия, наиболее развитая в виде теории прямого межчастичного взаимодействия Фоккера—Фейнмана, альтернативная общепринятой концепции ближнего действия (теории поля);
- 3) блок идей квантовой теории, наиболее четко представленных в ее S-матричной формулировке;
- 4) метафизический анализ концепций и программ фундаментальной теоретической физики XIX и XX веков, поскольку без метафизики и ее принципов невозможно обсуждение оснований любой дисциплины. (В этой связи сразу же подчеркнем, что метафизика предназначена не для доказательств, а именно для осмысления исходных принципов, используемых теоретических конструкций и полученных результатов. Доказательства же — задача математики и физики.)

К этому следует добавить идею о макроскопической (статистической) природе пространства-времени, согласно которой классические пространственно-временные представления возникают из наложения огромного числа неких более элементарных факторов, присущих явлениям микромира. (См. об этом в следующей главе.)



Рис. 8. Блок-схема физических оснований и основной направленности бинарной геометрофизики

В верхней части блок-схемы отмечена целевая направленность исследований в рамках бинарной геометрофизики:

- 1) обоснование известных свойств классического пространства-времени, таких, как его размерность, сигнатура, квадратичный характер метрики и т. д.;
- 2) объединение теорий фундаментальных физических взаимодействий: гравитационного, электромагнитного, электрослабого и сильного;
- 3) согласование принципов двух основополагающих теорий современной физики — общей теории относительности и квантовой теории.

В средней части блок-схемы названы математические средства, которые привлекаются для развития теории.

Слева указаны, во-первых, методы классической теории систем отсчета, играющие чрезвычайно важную роль как в специальной, так и особенно в общей теории относительности. В бинарной геометрофизике они заменены на эквивалентное понятие систем отношений между взаимодействующими частицами (событиями).

Во-вторых, существенную роль в построении бинарной геометрофизики сыграли принципы многомерных геометрических моделей физических взаимодействий типа теорий Т. Калуцы и О. Клейна, которые в последние годы получили широкую известность. Далеко не всеми признается физическая реальность дополнительных размерностей. Многие относятся к высшим размерностям лишь как к удобному математическому приему, упрощающему некоторые выкладки. Однако в многомерных геометрических теориях содержится чрезвычайно важная идея о единстве понятий пространства-времени и физических



Ю. И. Кулаков и Ю. С. Владимиров у картины «Эдельвейсы на горных вершинах Альп». Ю. И. Кулаков считает, что его ТФС соответствует парению над горными вершинами, тогда как все другие физики, в том числе и его коллега, занимаются «дольней физикой»

208

взаимодействий. Негравитационные взаимодействия трактуются как проявления дополнительных размерностей обобщенного (искривленного) пространства-времени. Аналогичная идея используется в бинарной геометрофизике, где общепринятые **физические поля выделяются из единой системы (бинарных) отношений параллельно с пространственно-временными отношениями.**

Справа в средней части блок-схемы указаны математические идеи и методы теории физических структур, оказавшиеся полезными на промежуточных стадиях развития бинарной геометрофизики. Они использованы при построении алгебраической теории систем отношений между взаимодействующими частицами.

При развитии бинарной геометрофизики значительное внимание отводится принципу соответствия следствий реляционного подхода с выводами калибровочной теории поля и многомерных геометрических моделей физических взаимодействий, включая выводы общей теории относительности.

С изложенными здесь на качественном уровне результатами можно более подробно ознакомиться в книгах автора, указанных в списке использованной литературы: «Метафизика» (2002 г., 2-е издание 2009 г.), «Основания физики» (2005 г.), «Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий» (Часть 1 «Теория систем отношений» (1996 г.) и Часть 2 «Теория физических взаимодействий» (1998 г.), а также в ряде других публикаций автора.

Какой видится искомая реляционная картина мироздания?

Конечно, совсем не исключено, что когда-нибудь будет создана теория, которая сможет описывать природу лучше, чем теперешняя, и вместе с тем эта новая теория окажется не совместимой с представлением о пространстве-времени как о дифференцируемом многообразии. На такую возможность не следует закрывать глаза, но в то же время полезно подумать и о том, почему современный подход является таким прекрасным приближением при описании удивительно широкого круга явлений¹.

Р. Пенроуз

Можно ли на основе отдельных достижений и даже прорывов в рамках реляционной парадигмы уже сегодня представить себе грядущую физическую картину мира? Думаю, что да. За громоздящимися наслоениями предрассудков и заблуждений уже проглядывают контуры искомой физической теории. Отдавая себе отчет в том, что подавляющее число моих коллег придерживаются не реляционной, а теоретико-полевой или геометрической парадигмы, тем не менее рискну наметить идейный каркас теории уже не столь отдаленного будущего.

Ряд идей, зложенных в основу разрабатываемой картины мира, уже высказывался некоторыми выдающимися физиками и математиками, в том числе и непосредственными создателями квантовой теории и теории относительности. Однако в процессе довольно сложного и подчас противоречивого развития теоретической физики, с характерными для нее односторонними удачами и неизбежными иллюзиями, многие гипотезы, догадки и точки зрения не привлекли должного внимания или были забыты вовсе. Разумеется, по прошествии многих лет уже трудно различить, какие из них послужили импульсом в нашей работе, а какие были подобраны позже в качестве иллюстрации или подкрепления своей точки зрения.

9.1. Ожидаемая структура искомой теории

В развиваемой нами реляционной картине мира *ключевую роль играют рассмотренные выше принципы бинарной геометрофизики и идея о макроскопической (статистической) природе классического пространства-времени.*

¹ Пенроуз Р. Структура пространства-времени. М.: Мир, 1972. С. 11.

9.1.1. Три составляющие физического мироздания

Приступая к описанию с самых общих позиций нашего видения структуры искомой теории и ее соотношения с имеющимися физическими теориями, прежде всего, подчеркнем тот факт, что разделы физики (теории) принято различать в зависимости от масштаба (сложности) рассматриваемых в них объектов: в классической физике (механике) анализируются *макрообъекты*, а в квантовой механике и физике микромира описывается поведение *микро-частиц*. Исходя из этого, все теории можно разделить на два типа: 1) имеющие дело с макрообъектами (обозначим их латинской буквой m) и 2) описывающие микрообъекты (обозначим их греческой буквой μ). Физическим теориям присвоим коренной символ R , тогда два названных класса теорий можно обозначать символами $R(m)$ и $R(\mu)$.

Оба класса теорий существенно отличаются друг от друга, но их роднит общее: в них чрезвычайно важную роль играет понятие *системы отсчета или ее обобщение*. В нерелятивистской механике имеет место принцип относительности Галилея. Основу релятивистской механики составляет специальная теория относительности. В общей теории относительности оказалось необходимым развить специальные методы описания систем отсчета.

Современная квантовая теория сформулирована в релятивистски инвариантном виде. В ней, как отмечали В. А. Фок, В. Паули и другие авторы, роль системы (или тела) отсчета играет понятие макроприбора, включающее в себя нечто большее, чем это закладывается в классическую систему отсчета. Названные авторы обсуждали тесную аналогию между системами отсчета в теории относительности и макроприбором в квантовой механике. В современной квантовой механике и физике микромира всегда подразумевается, что описание микрообъектов производится относительно макроприбора. Даже тогда, когда в квантовой теории описываются взаимодействия микрочастиц друг с другом, всегда подразумевается существование макрообъектов, т. е. микрообъекты характеризуются их отношениями к макрообъектам. Подчеркнем это обстоятельство, записав снизу символ макрообъекта m во введенных выше символических обозначениях теорий. Тогда классической физике (первый класс теорий) будет соответствовать символ $R_m(m)$, а второму классу теорий, описывающих микрочастицы, — символ $R_m(\mu)$.

Развиваемая нами программа основывается на убежденности в том, что существует теория микромира, опирающаяся на самостоятельную систему понятий и представлений, не нуждающихся в исходном понятии макроприбора. Мы отдаем себе отчет в том, что это противоречит утверждениям ряда авторитетных авторов, в том числе и позиции Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшица, высказанной в их «Квантовой механике»: «Обычно более общая теория может быть сформулирована логически замкнутым образом независимо от менее общей теории, являющейся ее предельным случаем. Так, релятивистская механика может быть построена на основании своих основных принципов без всяких ссылок на ньютоновскую механику. Формулировка же основных положений квантовой механики принципиально невозможна без привлечения механики классической... Для системы из одних только квантовых объектов вообще нельзя было бы построить никакой логически замкнутой механики»².

² Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Квантовая механика. М.: Физматгиз, 1963. С. 15.

Мы же считаем, что в рамках будущей теории микрообъекты должны рассматриваться относительно также микрообъектов. Следовательно, в искомой теории должен быть микроаналог понятия классической системы отсчета, а сама теория должна обозначаться символом $R_\mu(\mu)$. Основу такой теории, по нашему глубокому убеждению, может составить охарактеризованная выше бинарная геометрофизика, где эталонные элементы (базис) имеют ту же самую природу, что и описываемые системами отношений объекты (элементы).

Но этого мало, — для получения из искомой первотеории известных теорий, соответствующих трем миропониманиям, необходимо учитывать весь окружающий мир, т. е. учесть принцип Маха. Окружающий мир неявно входит в любую теорию, однако широко распространена иллюзия, что можно от него отвлечься и рассматривать явления локально, учитывая лишь обстановку в непосредственной близости. Напомним, что об этом писали Ф. Хойл и Дж. Нарликар, ссылаясь на позицию Э. Маха: «Более легки именно те проблемы, в которых Вселенная проявляется в виде постоянного влияния окружающей среды, нежели те, в которых это влияние переменнo. Самыми эффективными преимуществами обладают такие проблемы, где постоянное влияние Вселенной может быть заменено эмпирически найденными значениями, как, например, значения масс»³. Избрав для обозначения окружающего мира символ M , введем его справа сверху в символ соответствующей теории R . Тогда квантовая теория может быть обозначена символом $R_m^M(\mu)$, а классическая механика — символом $R_m^M(m)$.

Суммируя сказанное, приходим к выводу, что *в любой физической теории единый мир расщепляется на три взаимосвязанные части: 1) рассматриваемые объ-*

211

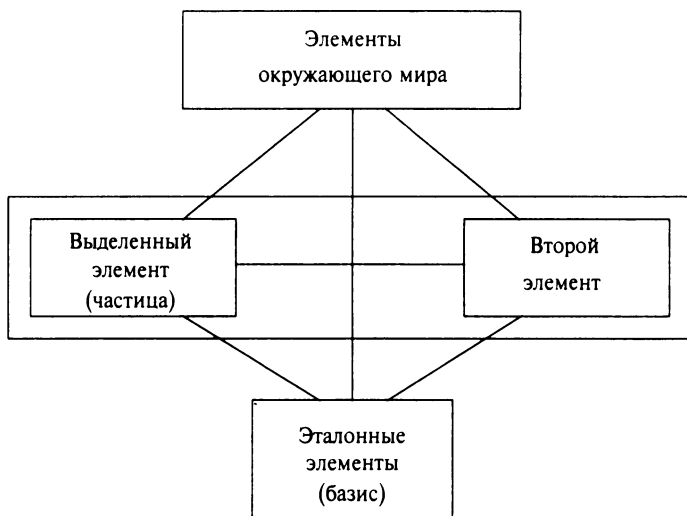


Рис. 9. Три множества объектов физического мироздания

³ Hoyle F., Narlikar J. V. Action at a distance in physics and cosmology. San Francisco: W. N. Freeman and Comp., 1974. P. 2.

екты, 2) субъект, относительно которого рассматриваются объекты, и 3) весь остальной окружающий мир. При этом и объекты, и субъекты могут быть как отдельными элементарными частицами, так и достаточно сложными макро-объектами. Названные три составляющие физического мироздания проиллюстрированы на рис. 9.

Истоки классических пространственно-временных и общепринятых физических представлений следует искать в принципах взаимодействий простейших элементарных частиц, т. е. исходя из теории вида $R_\mu(\mu)$.

9.1.2. Блок-схема искомой теории

С помощью рис. 10 предлагается взглянуть на поставленную проблему с наиболее общих позиций, как бы свысока, представив основы мироздания в виде куба физической реальности. Внутри куба помещены исходные понятия теории $R_\mu(\mu)$ (бинарной геометрофизики) и от нее стрелками указаны переходы к известным физическим теориям трех дуалистических парадигм.

Опираясь на сформулированные в предыдущей главе ключевые понятия и принципы бинарной геометрофизики, а также на выявленные истоки категорий классической физики и геометрии, необходимо показать, как конкретно осуществляется переход от них к привычным представлениям физики, в частности, к классическому пространству-времени, полям переносчиков взаимодействий и другим понятиям и закономерностям известных физических теорий. Иначе говоря, необходимо описать обратный путь от первичной теории к общепринятым теориям дуалистических и триалистической парадигм.

Отметим, что решение данной проблемы тесно связано с проблемой перехода от исконно квантовых свойств микромира к закономерностям классической физики. Так в монографии М. Б. Менского, посвященной анализу

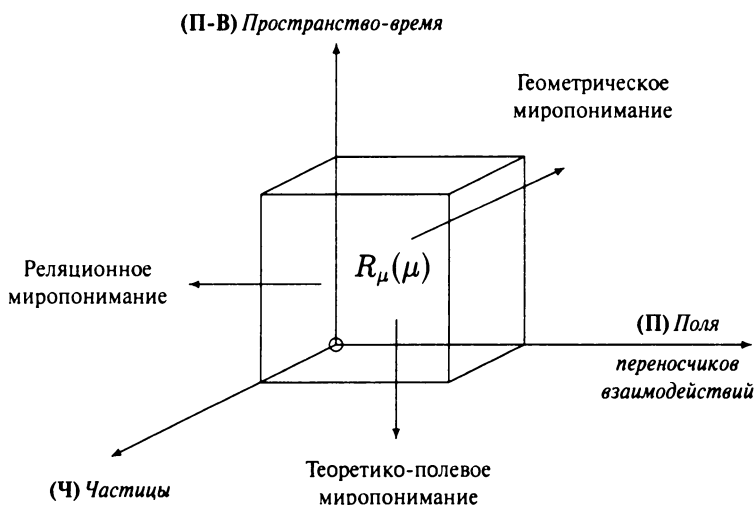


Рис. 10. Переход от элементарной бинарной геометрофизики к известным теориям трех миропониманий

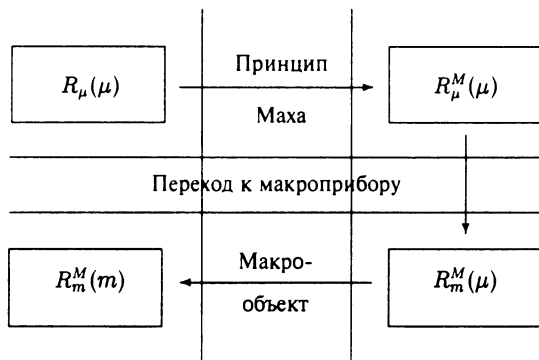


Рис. 11. Блок-схема бинарной геометрофизики

принципов квантовой теории, говорится: «Теперь мы оказываемся перед лицом самого трудного и интригующего вопроса: как появляются классические черты у исходно квантового мира. В известном смысле, в наше время это очень простой вопрос. С другой точки зрения — он труден и все еще не решен, и даже может оказаться вообще неразрешимым»⁴. Кроме того, в примечании автор пишет: «Мы не будем обсуждать альтернативный взгляд, что наш мир не является исходно квантовым, потому что его квантовый характер на фундаментальном уровне подтверждается многочисленными физическими экспериментами (это, конечно, не является окончательным доказательством)». М. Б. Менский предлагает путь решения этого вопроса в рамках фейнмановского подхода к описанию открытых систем (на основе суммирования по путям-историям).

Предстоит детально разработать переход от теории $R_\mu(\mu)$ к известным видам физических теорий теоретико-полевой, геометрической и реляционной (на базе унарных представлений) парадигм. Но как это осуществить? Предлагается это делать последовательно путем учета всех трех факторов, производя их обобщение от простейшего вида μ до их классических выражений в виде m и M . Этот путь представлен на блок-схеме рис. 11, где стрелками обозначены переходы от самого элементарного уровня описания физики микромира к квантовой теории и классической механике.

На первом этапе предлагается учесть всю материю окружающего мира в духе принципа Маха. Затем предстоит описать переход от элементарного базиса, составленного из простейших частиц, к макроприбору, состоящему из огромного количества элементарных базисов. Третий этап предполагает переход от рассмотрения отдельных элементарных частиц к классическим макрообъектам, также состоящим из огромного числа элементарных частиц, особым образом связанных воедино.

В некотором смысле эти переходы можно трактовать как этапы своеобразного «творения» привычных понятий окружающего мира из более первичных сущностей, которые уже не обладают наглядными свойствами окружающей нас материи.

⁴ Менский М. Б. Квантовые измерения и декогеренция. М.: Физматлит, 2001. С. 197.

Лишь после осуществления всех этапов по данной цепочке можно будет говорить о построении цельной реляционной картины физического мироздания.

9.2. Макроскопическая природа пространства-времени

В литературе уже давно обсуждается идея о макроскопической (статистической) природе классического пространства-времени, состоящая в том, что этот комплекс понятий справедлив лишь для достаточно больших (сложных) систем из элементарных частиц, — макросистем, — и возникает в результате своеобразного наложения (суммирования) огромного количества неких факторов, присущих микрообъектам. Высказывалось мнение, что многие привычные понятия геометрии и физики можно уподобить таким понятиям термодинамики, как давление или температура.

9.2.1. Истоки идеи о статистической природе классического пространства-времени

Проблема вывода классического пространства-времени на основе идеи его макроскопической природы рассматривалась целым рядом авторов. И сегодня трудно сказать, кому принадлежит приоритет выдвижения данной идеи.



П. К. Рашевский (1907–1985 гг.): «Трудно сомневаться в том, что макроскопические понятия, в том числе и наши пространственно-временные представления, на самом деле уходят своими корнями в микромир»

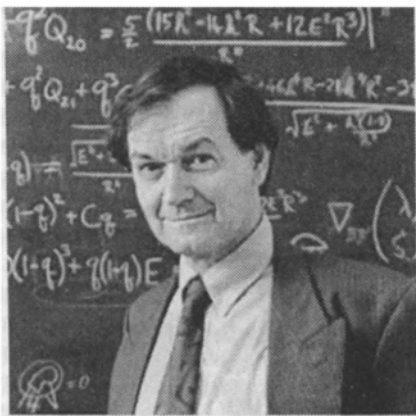
В первой из книг данной серии уже приводились высказывания ряда физиков-теоретиков и математиков XX века в пользу построения макроскопической теории классического пространства-времени. В свое время они произвели на меня огромное впечатление и в значительной степени способствовали переходу на сторону реляционной парадигмы. Позволю себе напомнить некоторые из этих высказываний.

Так, Е. Циммерман в своей работе «Макроскопическая природа пространства-времени» писал: «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»⁵.

Неоднократно высказывался по этому вопросу наш соотечественник, известный геометр П. К. Рашевский, пришедший к данной идее со стороны геометрии. В хорошо известной всем физикам-релятивистам монографии

⁵ Zimmerman E. J. The macroscopic nature of space-time // Amer. Journ of Phys. 1962. Vol. 30. P. 97–105.

«Риманова геометрия и тензорный анализ» он пишет: «Между тем трудно сомневаться в том, что макроскопические понятия, в том числе и наши пространственно-временные представления, 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»⁶. Примечательно, что именно повторением этой мысли Рашевский завершает свою книгу: «Возможно, что и сам четырехмерный пространственно-временной континуум с его геометрическими свойствами окажется в конечном счете образованием, имеющим статистический характер и возникающим на основе большого числа простейших физических взаимодействий элементарных частиц»⁷.



Р. Пенроуз (р. 1931 г.): «Можно ввести понятие евклидова пространства, исходя из предела вероятностей взаимодействия большой сети частиц, квазистатически обменивающихся спинами»

В последней трети XX века была предпринята попытка вывести модель классического пространства-времени из физики микромира на основе твисторной программы Р. Пенроуза. В одной из статей Р. Пенроуза с сотрудниками писалось: «В предшествующих работах (Р. Пенроуза. — Ю. В.) было показано, что можно ввести понятие евклидова пространства, исходя из предела вероятности взаимодействия большой сети частиц, квазистатически обменивающихся спинами. При таком подходе евклидова структура возникает из комбинаторных правил, которым удовлетворяет полный угловой момент в релятивистской квантовой механике. <...> Мы надеемся, что развитие твисторной теории приведет в конечном счете к построению лоренцевых многообразий, которые будут служить моделями пространства-времени»⁸.

Более определенно о статистическом происхождении метрических отношений говорил Д. ван Данциг: «Можно быть склонным рассматривать метрику, как описывающую некое „нормальное“ состояние материи (включая излучение), и дать ей *статистическую* интерпретацию как некоторый вид среднего физических характеристик окружающих событий, вместо того, чтобы класть ее в основу всей физики»⁹.

В приведенных выше высказываниях о желательности макроскопического подхода к геометрии и физике, как правило, не называются факторы

⁶ Рашевский П. К. Риманова геометрия и тензорный анализ. М.: Наука, 1967. С. 258; 7-е изд. М.: Издательство ЛКИ/URSS, 2010.

⁷ Там же. С. 658.

⁸ Пенроуз Р. Структура пространства-времени. М.: Мир, 1972. С. 132.

⁹ Dantzig D. van. On the relation between geometry and physics and concept of space-time // Funfzig Jahre Relativitätstheorie. Konferenz Bern, Basel. 1955. Bd. I. S. 569.

из физики микромира, подлежащие суммированию. Исключением являются идеи твисторной программы Пенроуза, где их предлагается описывать твисторами. Некоторый намек можно найти в фейнмановской теории квантования на основе суммирования по историям, однако эта теория опирается на уже готовое классическое пространство-время.



Д. ван Данциг (1900–1959 гг.): «Можно быть склонным... дать ей (метрике. — Ю. В.) статистическую интерпретацию как некий вид среднего физических характеристик окружающих событий»

На основе принципов бинарной геометрофизики можно указать конкретный путь реализации идеи макроскопической природы классического пространства-времени и многих понятий общепринятой физики. Напомним, что, согласно блоксхеме на рис. 11, построение классической физики и геометрии осуществляется посредством перехода от микропонятий μ к совокупностям (огромным суммам) микропонятий, которые соответствуют характеристикам макрообъектов m . Это означает своеобразные суммирования параметров, введенных в рамках БСКО ранга (6,6), или ее упрощенного варианта в виде БСКО ранга (4,4).

Особое значение имеет учет событий окружающего мира, указанных на блоксхеме символом M . Последний включает в себя, во-первых, все элементы окружающего мира, с которыми может произойти взаимодействие в виде столкновения или передачи «излучения» от выделен-

ной частицы в будущем. А во-вторых, — некоторую совокупность событий в прошлом, которые произошли с иными частицами (получение «излучения» от иных частиц). В терминологии Фейнмана—Уилера первое из этих подмножеств соответствует мировому поглотителю (в будущем), а второе множество — мировому излучателю (в прошлом). **Мировой излучатель ответствен за идею пространства-времени, а мировой поглотитель — за запаздывающий характер взаимодействий.**

9.2.2. Элементарные носители пространственно-временных отношений

1. В приведенном выше высказывании ван Данцига говорится о событиях окружающего мира как источниках понятия метрики. Вместо событий можно говорить о неких процессах. В связи с этим напомним, что бинарная геометрофизика предназначена для описания элементарных звеньев процессов. Но тогда спрашивается: какие процессы следует считать ответственными за происхождение классических пространственно-временных отношений?

Выскажем гипотезу, что таковыми являются, главным образом, процессы **электромагнитных взаимодействий** в окружающем мире.

Данное утверждение можно подкрепить рядом аргументов. Во-первых, все основные понятия геометрии (примитивы ее аксиоматики) — это аб-

стракции, взятые от классических объектов, построенных из атомов и молекул на основе именно электромагнитных взаимодействий. Во-вторых, получение любой информации классическим наблюдателем неизбежно сопряжено с изменениями состояний каких-то атомов или молекул, т. е. на общепринятом языке связано с испусканием или поглощением фотонов — переносчиков электромагнитных взаимодействий. В-третьих, электромагнитные взаимодействия являются дальнедействующими в смысле медленного убывания с расстоянием. Другой вид медленно убывающих взаимодействий, — гравитационных, — в данном подходе обусловлен электромагнитным взаимодействием. В подтверждение сформулированной позиции можно привести и другие доводы.

2. В реляционном подходе элементарными носителями классических пространственно-временных отношений являются комплексные отношения между элементами, порожденные электромагнитными процессами, описываемыми БСКО ранга (4,4). (Без ущерба для общности можно опереться лишь на внешние параметры, описываемые БСКО ранга (3,3).) В общепринятой теоретико-полевой парадигме таковыми являются процессы излучения и поглощения фотонов. Однако это не означает, что непосредственными носителями пространственно-временных отношений выступают «фотоны». Они только реализуют (превращают в действительность) одну из возможностей, описываемых мировой матрицей конкретной БСКО ранга (3,3). Но процесс взаимодействия содержит в себе нечто большее: генерацию всеобщих отношений между источником и всеми другими возможными поглотителями.

Согласно развиваемой реляционной теории, в процессе взаимодействия (в момент «излучения») возникает БСКО ранга (3,3), или, — точнее, — ранга (4,4) в виде упрощенной модели БСКО ранга (6,6), в которой собственным базисом (системой эталонных элементов) является излучатель. В этой системе отношений отображаются все возможные поглотители, в том числе и тот, который реально провзаимодействует с источником, т. е. поглотит его «излучение», превратив тем самым возможность в действительность. Как только происходит поглощение «фотона», данная БСКО прекращает свое существование, а вместо нее возникает (или может возникнуть) иная система отношений, где базисом является уже новый излучатель, ранее бывший приемником.

3. В реальном мире мы имеем дело не с одной БСКО ранга (3,3), — точнее, — БСКО более высокого ранга, а с огромной совокупностью БСКО этого ранга, обусловленных множеством происходящих в мире процессов взаимодействий. На языке общепринятой теоретико-полевой парадигмы это соответствует наличию во Вселенной гигантского «моря фотонов», испущенных, но еще не нашедших своего поглотителя. При этом следует особо подчеркнуть, что речь идет не только о фотонах, достигших какого-то конкретного места, а о всех фотонах, существующих в мире.

4. Отношения, устанавливаемые в рамках БСКО, ответственны за появление пространственно-временных понятий и не означают передачи информации со скоростью, большей скорости света.

В связи с этим утверждением напомним неоднократно высказывавшиеся соображения о смысле продольной (плюс временной) части электромагнитного поля. Так, в книге Р. Фейнмана «Квантовая электродинамика» излагаются взгляды Э. Ферми на квантовую электродинамику: «Предположим, что все

атомы Вселенной помещены в некотором кубе. Классически такой куб можно рассматривать как обладающий собственными колебаниями, описываемыми с помощью распределения гармонических осцилляторов, взаимодействующих с веществом. Переход к квантовой электродинамике заключается в простом предположении, что эти осцилляторы являются не классическими, а квантовыми. <...> Взаимодействие фотонов с веществом приводит к изменению числа фотонов n на ± 1 (излучение или поглощение). Поле в кубе можно представить в виде плоских стоячих волн, сферических волн или плоских бегущих волн e^{ikx} . Можно сказать, что полное поле в кубе состоит из кулоновского поля, ответственного за *мгновенное* взаимодействие зарядов по закону e^2/r_{ij} , и поля, связанного с *поперечными волнами*»¹⁰.

В работах Р. Фейнмана многократно обращается внимание на то, что действие для электромагнитного поля делится на две части, которым дается следующая интерпретация: «Одна из них описывает вклад, обусловленный мгновенным кулоновским взаимодействием; оставшуюся часть назовем действием S_{field} , которое соответствует полю излучения (учет излучения обеспечивает все поправки к мгновенному полю, например поправки, связанные с запаздыванием суммарного воздействия электромагнитного поля и поправки на скорость распространения этого взаимодействия, которое не превышает скорости света)»¹¹.

В этих и ряде других высказываний наиболее примечательными являются слова о «мгновенности» кулоновского взаимодействия, что созвучно идее о матрице отношений, порожденной электромагнитным излучением. Эта матрица отношений характеризует *возможность* того или иного исхода процесса, тогда как поперечная часть определяет *действительность*, т. е. окончательный результат процесса электромагнитного взаимодействия.

5. Принцип причинности, традиционно занимающий важное место, неизменно присутствует в аксиоматиках как геометрии, так и квантовой теории. В геометрии этот принцип увязывался с аксиомами частичной упорядоченности, в квантовой теории — со специальными условиями, накладываемыми на S -матрицу. *Вместо принципа причинности в бинарной геометрофизике постулируется всеобщая связь между всеми возможными явлениями.* При этом уместно напомнить замечание Э. Маха: «Закон причинности выражает взаимную зависимость между явлениями. Особое упоминание о пространстве и времени в выражении закона причинности не нужно, ибо все отношения пространства и времени снова сводятся ко взаимной зависимости между явлениями»¹².

6. От каждой БСКО ранга (3,3) можно перейти к унарной геометрии, в которой важную роль играют изотропные векторы k^μ , сопоставляемые каждой частице относительно излучателя. Разумеется, это не означает, что сама частица при этом становится светоподобной или превращается в нейтрино.

В теоретико-полевой парадигме изотропный вектор k^μ принято приписывать фотону, т. е. электромагнитному излучению, испущенному излучателем

¹⁰ Фейнман Р. Квантовая электродинамика. М.: Мир, 1964.

¹¹ Фейнман Р., Хиббс А. Квантовая механика и интегралы по траекториям. М.: Мир, 1969. С. 262.

¹² Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития. Ижевск: Ижевск республи. типогр. 2000. С. 428.

и поглощенному другой частицей (приемником). Но в теории прямого межчастичного взаимодействия нет полей переносчиков взаимодействий. Следовательно, **изотропный вектор k^μ принадлежит не фотону, а характеризует вторую частицу (приемник излучения) в ее пространственно-временных отношениях с излучателем и с окружающим миром.**

Примечательно, что уже в унарной теории прямого межчастичного взаимодействия Фоккера—Фейнмана было провозглашено, что никакая частица не излучает в пустоту: всякий процесс излучения происходит лишь тогда, когда имеется поглотитель излучения.

7. Существование пространственно-временных отношений тесно связано с тем, что в системах отношений есть понятие, которое на обыденном языке интерпретируется как «промежуток времени» между излучением и поглощением сигнала. Другими словами, **пространственно-временные отношения обусловлены немгновенностью распространения (световых) сигналов между взаимодействующими объектами.**

Можно утверждать и обратное: смысл и назначение отношений, характеризующих БСКО ранга (3,3), в частности, состоит в задании расстояний между парами частиц, которые, в свою очередь, определяют «промежутки времени» существования возможных БСКО при (электромагнитном) взаимодействии между соответствующими парами частиц. На языке классической теории это соответствует закономерностям, положенным в основу хроногеометрии, т. е. сигнатуре (+ — — —) классического пространства-времени.

8. Утверждение о происхождении классических пространственно-временных отношений из наложения элементарных отношений БСКО, порожденных процессами в окружающем мире, вполне соответствует принципу Маха.

Согласно данному подходу, принцип причинности и наличие изотропного конуса не представляют собой первичные понятия физики, а имеют макроскопическую природу, т. е. являются следствием суммирования вкладов из отношений от процессов во всем окружающем мире.

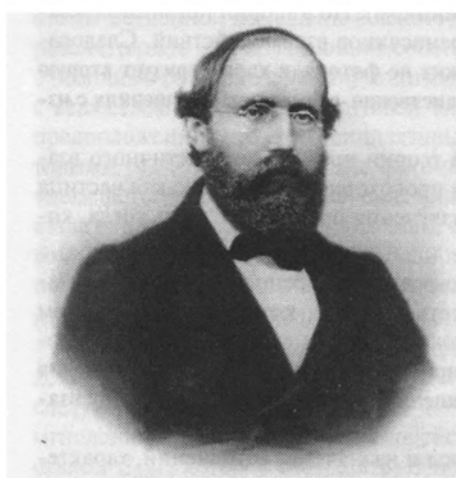
219

9.3. Каковы физические истоки метрики?

Ключевой задачей построения макроскопической теории пространства-времени является вскрытие истоков возникновения метрических отношений, проще говоря, понятия длины или интервала. Именно это имелось в виду в приведенном выше высказывании Д. ван Данцига о природе классической метрики.

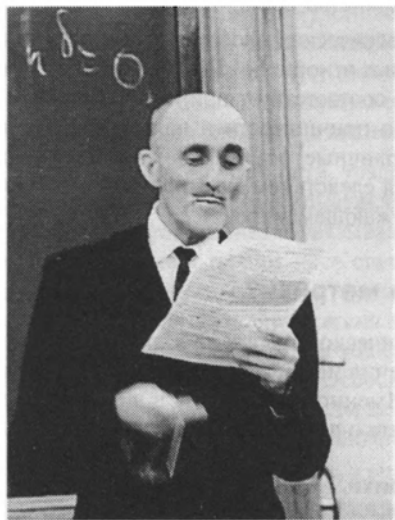
9.3.1. Проблема происхождения метрики

Эта проблема уже давно была четко поставлена в знаменитом мемуаре Б. Римана: «Эмпирические понятия, на которых основывается установление пространственных метрических отношений, — понятия твердого тела и светового луча, — повидимому, теряют всякую определенность в бесконечно малом. Поэтому вполне мыслимо, что метрические отношения пространства в бесконечно малом не отвечают геометрическим допущениям». Далее он писал: «что в случае дискретного многообразия принцип метрических отношений содержится уже в самом понятии этого многообразия, тогда как в случае непрерывного многообразия его следует искать где-то в другом месте. Отсюда следует,



Б. Риман (1826–1866 гг.): «Вполне мыслимо, что метрические отношения в бесконечно малом не отвечают геометрическим допущениям»

220



А. Л. Зельманов (1913–1987 гг.): «Будущая физическая теория будет аметрической или полиметрической». Фото автора

что или то реальное, что создает идею пространства, образует дискретное многообразие, или же нужно пытаться объяснить возникновение метрических отношений чем-то внешним — силами связи, действующими на это реальное»¹³.

В предыдущих книгах данной серии уже отмечалось, что вслед за Риманом над этой проблемой задумывались многие физики, в том числе и ряд наших соотечественников. Напомню некоторые из их высказываний. Так, один из моих учителей А. Л. Зельманов утверждал: «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, но не только понятие длины, но и понятие промежутка времени) принадлежит к основным физическим понятиям, не подлежащим определению»¹⁴.

Далее он писал, что в теории будущего придется отказаться от ряда привычных свойств классического пространства-времени. «По-видимому, первое представление, от которого придется отказаться, это представление о метричности пространства и времени в глубоком микромире и при очень высокой плотности»¹⁵. Он неоднократно нам говорил, что «будущая физическая теория будет

¹³ Риман Б. О гипотезах, лежащих в основании геометрии // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С. 32.

¹⁴ Зельманов А. Л. Некоторые вопросы космологии и теории гравитации // Физическая наука и философия. М.: Наука, 1973. С. 278.

¹⁵ Там же. С. 279.

аметрической или полиметрической», а «ее наиболее общие уравнения не будут дифференциальными». Заметим, что бинарная геометрофизика опирается на алгебраические законы и соотношения.

Из многочисленных бесед с известным белорусским физиком-гравитационистом А. Е. Левашевым я знаю, что он много размышлял о природе метрических отношений. При этом он ссылался на поставленный Г. Вейлем еще в 1927 г. вопрос: «Как понимать существующие в пространстве отношения мер и длин?» Неоднократно он упоминал и приведенные выше слова Б. Римана из мемуара «О гипотезах, лежащих в основаниях геометрии». Имея все это ввиду, Левашев пытался построить дискретную геометрию и с этой целью стремился найти соответствующую ей новую аксиоматику. Особо его интересовал вопрос об описании причинности в дискретной геометрии.

Над проблемой физического истолкования метрических отношений и соотношения прерывного и непрерывного размышлял и профессор А. А. Власов. В частности, он об этом говорил в своем прощальном выступлении на кафедре теоретической физики физфака МГУ в 1975 г., подчеркивая, что для решения этих вопросов он пытался ухватиться за квантовую механику, где, как ему сначала казалось, достигается внутреннее единство прерывного и непрерывного. Но, вникнув в общепринятую формулировку квантовой механики, он разочаровался в ней и пришел к выводу, что истинная связь прерывного и непрерывного в рамках этой дисциплины еще не вскрыта.

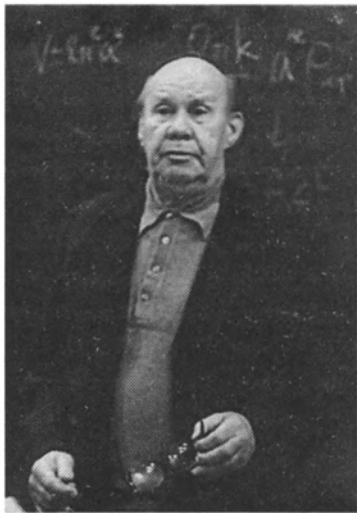
Далее можно привести высказывания бывшего директора Объединенного института ядерных исследований в Дубне Д. И. Блохинцева, настаивавшего на том, что классические пространственно-временные представления в микромире теряют силу. В своей книге



А. Е. Левашев (1898–1979 гг.). «Возникает проблема дискретной геометрии, где имеется фундаментальная трудность, сформулированная Вейлем еще в 1927 г.: „как следует понимать существующие в пространстве отношения мер и длин“». Фото автора



А. А. Власов (1908–1975 гг.). «Есть же атомная физика, а где же у нас в математике атомизм?.. Истинная связь между прерывностью и непрерывностью еще не понята!» Фото автора



Д. И. Блохинцев (1908–1979 гг.): «Понятия и методы, пригодные в макромире, могут быть перенесены в микромир лишь косвенно и требуют большой степени абстракции». Фото автора

«Пространство и время в микромире» он писал: «Возникает сомнение в логической законности употребления символов x , y , z , t в качестве пространственно-временных координат, пригодных для описания явлений внутри элементарных частиц. Это обстоятельство предоставляет теоретику определенную свободу в выборе пространственно-временных и причинных связей внутри элементарных частиц, иными словами, произвол в выборе *геометрии в малом*»¹⁶. На последнем своем выступлении

на методологическом семинаре в МГУ (1978 г.) он цитировал приведенные выше слова Римана об истоках понятия метрики в микромире.

9.3.2. От фазовых вкладов к понятию длины (метрики)

Сопоставляя ряд высказанных соображений об истоках метрических отношений с изложенными представлениями бинарной геометрофизики, нам представляется возможным высказать гипотезу, что ответственными за возникновение классической метрики являются фазовые вклады, описываемые параметрами БСКО минимального ранга (2,2). Именно путем наложения фазовых вкладов предлагается решать задачу физического обоснования (статистического введения) метрики (расстояний).

На важность роли фазы в раскрытии сущности геометрии обращал внимание Дж. Уилер: «Однако Природа умеет „вести учет“ различия „фаз“. Значит, если Природа сводится к геометрии, „фаза“ также должна быть сводима к геометрии. Однако „фаза“ не всегда отчетливо отражает чисто геометрический характер исконно единой теории поля. Не впадает ли эта теория в чрезмерную узость, используя исключительно средства *дифференциальной* геометрии — геометрии в непосредственной окрестности точки? Не является ли ее пороком невозможность признания общности между отдаленными точками? Не являются ли обычные геометрические средства непригодными потому, что они, так сказать, вводят слишком много точек и допускают различимость этих точек в качестве постулата, не подлежащего сомнению? Не существует ли какой-либо возможности отбросить подобные неудачные основы и все же сохранить существенные черты глобальной структуры? Не достаточно ли одной точки? Не может ли эта точка повторять свою роль вновь и вновь, подобно тому, как электронный луч в телевизионной трубке, пробегаая достаточно быстро, воспроизводит все изображение. Не будет ли взаимная „фаза“ двух точек играть более важную роль, если между точками будет иметь место более

¹⁶ Блохинцев Д. И. Пространство и время в микромире. М.: Наука, 1970. С. 6.



Дж. Уилер (1911–2008 гг.): «Если Природа сводится к геометрии, „фаза“ также должна быть сводима к геометрии». Фото автора

глубокая внутренняя связь этого типа? Конечно, здесь не идет речь об изменении теорий Эйнштейна и Максвелла; мы лишь ищем другую формулировку этой теории. *Существование в основных законах классического пространства-времени величины такого типа как относительная „фаза“ двух отдельных точек приводит исследователей, ищущих чисто геометрическое описание природы, к заключению, что понятие „фазы“ еще не нашло своего наиболее удачного геометрического средства выражения*¹⁷ (везде курсив Дж. Уилера).

223

Близкую мысль о роли «фазы» он высказывает и в других местах, относя к одной из важных нерешенных проблем физики вопрос: «Могут ли идеи римановой геометрии и геометродинамики быть переформулированы в таком виде, чтобы концепция относительной „фазы“ двух удаленных точек приобрела простой смысл?»¹⁸.

Предлагаемое здесь построение макроскопической теории классических пространственно-временных отношений в значительной степени является ответом на сформулированные Дж. Уилером вопросы. Они основаны на постановке понятия «фазы» во главу угла, причем не отдельной «фазы», а большой совокупности фазовых вкладов, из наложения которых предлагается выводить как понятие расстояния, так и всю классическую геометрию.

В приведенном высказывании Дж. Уилера особо примечательны следующие моменты. Во-первых, в нем выражено сомнение в обоснованности методов дифференциальной геометрии, основанных на «непосредственной окрестности точки». Здесь фактически ставится вопрос о возможности глобального задания фаз между удаленными точками, что означает переход к концепции дальнего действия. Об этом также говорят его слова об использовании в существующей теории «слишком многих точек» пространства и ставится вопрос о «какой-либо возможности отбросить эти неудачные основы». Именно это осуществляется в бинарной геометрофизике, причем в ней используются

¹⁷ Уилер Дж. Гравитация, нейтрино и Вселенная. М.: Изд-во иностр. лит-ры. 1962. С. 61.

¹⁸ Там же. С. 207.

не безликие точки, а события и частицы, составленные из элементов. Фазы определены лишь для пар частиц (элементов), но не для эфемерных геометрических точек, где нет реальных частиц.

Во-вторых, заслуживает внимание рассуждение Уилера о повторении роли точки вновь и вновь, из чего строится изображение, как в примере с электронно-лучевой трубкой. Это может быть соотнесено с упомянутой выше компактифицированностью прообразов координат x^μ , когда на мысленной прямой каждый вклад повторяется вновь и вновь, а становление расстояния происходит из наложения большого числа этих вкладов. Для получения классических координат необходимо осуществить процедуру декомпактификации.

Наконец, позволим себе сослаться на слова Уилера о том, «что понятие „фазы“ еще не нашло своего наиболее удачного геометрического средства выражения». На решение этого вопроса претендует программа бинарной геометрофизики, где фазовые вклады, наряду с угловыми, образуют мировые матрицы парных отношений.

Однако на пути реализации данной программы возникают сложности. Известно, что в теоретико-полевым миропонимании частицы описываются волновыми пакетами, распределенными в некоторой области пространства. Сами пакеты трактуются в виде дискретного или сплошного спектра гармонических волн, различающихся длинами волн λ_g . Каждая из волн (гармоник) распределена сразу во всем пространстве. Если частицу характеризовать одной гармоникой, то она окажется пребывающей во всем пространстве равномерно. Для локализации частицы необходимо рассмотрение именно пакета волн. Ее положение определяется той областью готового пространства-времени, где квадрат суммарной амплитуды вероятности оказывается значительным. В классическом пределе положению частицы в окрестности какой-то точки соответствует дельта-функция как особое сложение волн, где отличный от нуля результат имеет место лишь в данной точке (в ничтожно малой ее окрестности), а во всех иных точках эта функция равна нулю.

Можно считать, что волновой пакет характеризует положение частицы относительно какого-то иного объекта, как правило являющегося классическим, тогда речь идет о парном отношении (расстоянии) между двумя объектами, описываемом пакетом гармонических волн. Очевидно, что как само разложение волновых функций по гармоникам, так и всякое конкретное описание волнового пакета опирается на готовое пространство-время.

В бинарной геометрофизике ставится обратная задача. Полагается, что априорно заданного классического пространства-времени нет, однако имеются наборы фазовых вкладов в парные отношения между любыми парами объектов (элементов). Задача состоит в том, чтобы показать, как из огромной совокупности отдельных фазовых вкладов получить вещественные парные отношения, соответствующие классическим пространственно-временным отношениям.

9.4. Реляционная интерпретация квантовой механики

В рамках бинарной геометрофизики имеет место специфическая реляционная интерпретация квантовой механики. Сразу же подчеркнем, что как фейнмановская формулировка не противоречит принципам квантовой механики, а представляет собой иной взгляд на ее содержание, так и реляционная интер-

претация не противоречит выводам уже сложившейся квантовой механики. Более того, в ряде положений она усиливает и развивает ее принципы. В связи с этим следует еще раз напомнить слова Р. Фейнмана о том, что наличие различных формулировок одних и тех же закономерностей существенно для выбора пути от известного к неизвестному. Реляционная интерпретация квантовой теории призвана расчистить путь, по которому можно было бы «шагнуть в неизвестное».

9.4.1. Суть реляционной интерпретации

В годы создания квантовой механики серьезно обсуждался вопрос о возможности описания квантовых закономерностей на основе измененных представлений о пространстве-времени. Так, один из создателей квантовой механики Л. де Бройль в 20-х годах писал, что в микромире, где проявляются закономерности квантовой механики, понятия классического пространства и времени «нужно было бы заменить другими понятиями, играющими фундаментальную роль в микропроцессах». Напомним также сделанное им тогда замечание о том, что, пока эта задача не решена, «нас все время будет беспокоить чувство, что мы пытаемся втиснуть алмаз в оправу, которая ему не подходит»¹⁹. Близкие мысли в 30-х годах высказывал М. Бронштейн и некоторые другие физики-теоретики. Видимо, в этом проявилось влияние общей теории относительности, где гравитационное взаимодействие оказалось обусловленным искривлением пространства-времени.

Как уже неоднократно подчеркивалось, современная квантовая механика и квантовая теория поля построены в рамках *дуалистической теоретико-полевой парадигмы*. Это означает, что в ней одной из двух ключевых категорий является априорно заданное классическое пространство-время, а в качестве другой выступает поле амплитуды вероятности (как самих фермионных частиц, так и бозонных полей переносчиков взаимодействий). Другими словами, в стандартном изложении квантовая механика не претендует на изменение свойств классического пространства-времени. Поля микрочастиц и переносчиков взаимодействий вкладываются в априорно заданное пространство-время.

Годы, прошедшие со времени формирования квантовой теории, свидетельствуют о том, что тревожное чувство, о котором писал де Бройль, беспокоило не только его, но и многих других физиков XX века. Более того, со всей определенностью можно утверждать, что оно не оставляет в покое физиков



Л. де Бройль (1892–1987) писал, что понятия классического пространства и времени «нужно было бы заменить другими понятиями, играющими фундаментальную роль в микропроцессах»

¹⁹ Бройль Л. де. Революция в физике. М.: Госатомиздат, 1963. С. 187.

и по сей день. Об этом свидетельствуют многочисленные дискуссии и труды по интерпретации квантовой теории.

В связи с этим уместно вспомнить позицию А. Пуанкаре, который еще до создания общей теории относительности говорил, что можно использовать любую геометрию, но при этом должны соответствующим образом формулироваться физические законы. Фактически речь шла о принципе дополненности геометрических представлений и способов описания физических закономерностей. Именно в этом ключе следует толковать, с одной стороны, ожидания де Бройля и Бронштейна на возможность более естественного описания квантовой механики в рамках некой новой геометрии и, с другой стороны, сложившуюся на сегодняшний день квантовую теорию в рамках классических пространственно-временных представлений.

В рамках реляционного подхода фактически предлагается вернуться к ожиданиям де Бройля, Бронштейна и некоторых других физиков и представить квантовомеханические закономерности в рамках новой, бинарной геометрии, где нет заранее заданного классического пространственно-временного фона и поэтому бессмысленно понятие поля, через свойства которого в общепринятой теории удалось сформулировать квантовомеханические закономерности. Вместо унарной геометрии предлагается использовать более элементарную бинарную геометрию, описывающую комплексные отношения между состояниями материальных объектов. В реляционном подходе **не закладываются, а выводятся классические пространственно-временные отношения из более первичных комплексных отношений, причем параллельно с формированием квантовомеханических закономерностей.**

Бинарная геометрия, предлагаемая для построения новой интерпретации квантовой теории, существенно отличается от используемой ныне унарной геометрии, которая статична по своему определению. Введение времени-подобной координаты не затрагивает сути, поскольку это лишь изменяет сигнатуру, — просто квадрат одной из координат (компонент) пишется с обратным знаком. В результате идея эволюции обычно вводится дополнительным постулатом последовательного рассмотрения состояний системы на 3-мерных пространственно-подобных сечениях вдоль координаты времени.

В бинарной геометрии понятие эволюции вводится в самое основание физической картины мира. Переходы между элементами двух множеств новой геометрии составляют прообраз эволюции во времени, что можно проиллюстрировать словами известной песни:

Есть только миг между прошлым и будущим,
Именно он называется жизнь.

В этих строках заключено глубокое метафизическое содержание.

Физика микромира описывает не отношения между уже свершившимися событиями, а элементарные звенья процессов творения новых событий, которые, в принципе, являются вероятностными. В этом заключается суть квантовой механики, базирующейся на идеях, которые высказывались еще мыслителями древности. Так, Аристотель, размышляя о сути движения тел, писал, что тело не может сразу пребывать в двух состояниях, — в прошлом и в будущем, — должно быть нечто третье: связывающая эти состояния.

В связи с этим хотелось бы отметить созвучие бинарной геометрофизики с позицией В. Гейзенберга, высказанной по поводу интерпретации кванто-

вой механики, намеченной в работе Бора, Крамерса и Слэтера: «С введением волны вероятности в теоретическую физику было введено совершенно новое понятие. В математике или статистической механике волна вероятности означает суждение о степени нашего знания фактической ситуации. <...> Но волна вероятности, по Бору, Крамерсу и Слэтеру, была чем-то гораздо большим. Она означала нечто подобное стремлению к определенному протеканию событий. Она означала количественное выражение старого понятия „потенция“ аристотелевской философии. Она ввела странный вид физической реальности, который находится приблизительно посередине между возможностью и действительностью»²⁰.

В другом месте В. Гейзенберг писал: «Понятие возможности, которое играет решающую роль в философии Аристотеля, в современной физике снова заняло центральное положение. Математические законы квантовой теории можно рассматривать как количественную формулировку аристотелевских понятий „дьюамис“ или „потенция“»²¹. Именно это «**понятие возможности**» **в виде комплексных отношений между элементами бинарных систем занимает центральное положение в основаниях бинарной геометрофизики**, причем еще более существенное, нежели в общепринятой квантовой механике.

Перечислим наиболее существенные различия между общепринятой (копенгагенской) и реляционной интерпретациями квантовой теории.

1. В копенгагенской интерпретации квантовой механики предлагается смириться с фактом невозможности классического описания микрочастиц на фоне готового пространства-времени и довольствоваться специфическими квантовыми «правилами игры». Основным понятием (примитивом теории) предлагается считать волновую функцию микросистем, являющуюся по-существу неким «черным ящиком», из которого по установленным правилам извлекают необходимую информацию. Такой подход неизбежен, если исходить из *априорно заданного* классического пространства-времени.

В реляционном подходе, как уже подчеркивалось, предлагается выводить классические пространственно-временные отношения, исходя из более глубоких физических принципов, параллельно получая и обосновывая принципы квантовой теории.

2. В общепринятой копенгагенской интерпретации квантовомеханические закономерности приписываются самой микрочастице. Согласно принципу дополнительности Н. Бора, геометрические и динамические свойства частиц дополняют друг друга, точность измерения координат и импульсов характеризуется квантовомеханическим принципом неопределенностей. В реляционной же интерпретации эта неопределенность присуща не самим выделенным частицам, а их отношениям с другими частицами, определяемыми огромной совокупностью элементарных систем отношений (совокупностью незавершившихся процессов излучения).

3. Понятие системы отношений в реляционной интерпретации заменяет то, что в общепринятой физике (в квантовой механике) интерпретируется как распространение волны излучения. **В реляционном подходе нет распро-**

²⁰ Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. М.: Наука, 1989. С. 16.

²¹ Там же. С. 393.

странения чего бы то ни было. Процесс поглощения излучения одновременно означает исчезновение соответствующей системы отношений.

Общепринятые представления о распространении волны излучения и затем его поглощении, т. е. о «редукции волнового пакета», зачастую вызывают ряд недоразумений, поскольку трактовка волны как реально существующей в пространстве-времени и ее редукция в приемнике многими понимается как процесс «схлопывания» материальной волны практически в точку с бесконечной скоростью. Строго говоря, в копенгагенской интерпретации квантовой механики уже заложено предостережение о недопустимости столь упрощенной трактовки волны излучения, однако в бинарной геометрофизике эта мысль реализована в более четкой форме.

4. В реляционной интерпретации еще более возрастает и становится более понятной роль макроприбора в описании микрочастиц, поскольку, во-первых, сами параметры элементов имеют смысл лишь относительно базиса системы отношений и, во-вторых, сам базис должен быть достаточно сложным, чтобы можно было говорить о статистическом получении пространственно-временных отношений. Теперь оказывается, что *макроприбор не только влияет на состояния частицы и трактовку результатов эксперимента, но и в значительной степени становится ответственным за сами классические пространственно-временные представления.*

5. Главной чертой квантовой механики как в общепринятой копенгагенской интерпретации, так и в реляционной, является ее вероятностный характер. Именно это свойство заложено в основу теории бинарных систем отношений, где два множества элементов определяют состояния систем (микросистем) в начале и в конце элементарного звена процесса, а парные отношения характеризуют амплитуду вероятности возможных переходов (реализации процесса). Эта математическая конструкция, положенная в основу бинарной геометрофизики, отражает сущность квантовой механики и в то же время соответствует идее Аристотеля о соотношении возможности и действительности. Наличие системы отношений (ее возникновение в момент излучения) означает создание матрицы из парных отношений, определяющей возможные исходы процесса взаимодействия.

9.4.2. Реляционное обоснование ряда понятий квантовой механики

В рамках реляционного подхода *дается теоретическое обоснование ряда феноменологически установленных понятий и процедур общепринятой квантовой механики.*

1. Прежде всего, к ним следует отнести введение в квантовой механике понятия комплексной амплитуды вероятности, из которой определяется в виде квадратичной комбинации классическая плотность вероятности. Действительно, у всех, приступающих к изучению квантовой механики, возникает вопрос: почему в ней исходят не прямо из понятия вероятности (или плотности вероятности), а из квадратного корня из вероятности? Некоторые не могут смириться с этим обстоятельством и пытаются переформулировать квантовую теорию непосредственно на основе понятия плотности вероятности.

В реляционном подходе, базирующемся на бинарных системах комплексных отношений, ответ на этот вопрос требует перехода от исходных БСКО

к унарной геометрии (к унарным системам вещественных отношений) и к другим понятиям классической физики. Этот переход осуществляется посредством определения вещественных унарных отношений через квадратичные комбинации из комплексных бинарных отношений.

2. Следующий вопрос связан с использованием в квантовой теории комплексных величин вместо привычных в геометрии и в классической физике вещественных чисел. Это обстоятельство объясняется тем, что в физике микромира теряет силу ряд привычных свойств геометрии и, в частности, классическое понятие больше-меньше. В современной квантовой теории данный факт отражен широким использованием комплексных чисел, у которых нет свойства линейной упорядоченности, характерного для вещественных чисел, которыми описывается классическое пространство-время. Напомним, что первичные отношения бинарной геометрофизики описываются именно комплексными числами.

3. Еще одним обстоятельством в квантовой теории является наличие векторов в двух пространствах, что в аксиоматике квантовой механики Дирака отражено двумя типами векторов: со-векторов $\langle \text{бра} |$ и векторов $| \text{кет} \rangle$. Скалярные произведения в квантовой теории строятся из совокупности векторов двух типов, например $\langle B | A \rangle$. Как пишет Дирак: «Из данных здесь определений видно, что со-векторы имеют совсем иную природу чем векторы, и до сих пор между ними не было никакой связи за исключением возможности образования скалярного произведения для любого вектора и со-вектора»²². В бинарной геометрофизике векторы и со-векторы соответствуют двум множествам элементов, на которых строится теория бинарных систем комплексных отношений. Их скалярные произведения определяют парные отношения между элементами двух множеств. Для свободных частиц со-вектор находится во взаимно однозначном соответствии с вектором, т. е. является комплексно сопряженным вектору.

4. В квантовой теории волновой характер микрочастиц рассматривается как их важное свойство. В реляционной интерпретации квантовой механики **исток волновых свойств является цикличность (компактифицированность) первичных отношений**, описываемая БСКО ранга (2,2). Напомним, при переходе от БСКО ранга (3,3) к унарной геометрии классические расстояния предлагалось получать из конформных факторов, являющихся элементами БСКО ранга (2,2). Согласно свойствам элементарных частиц, комплексный конформный фактор должен иметь модуль, равный единице, что и означает циклический характер ($\sim \exp(i\varphi)$) ключевых понятий теории микромира.

5. В качестве еще одного объяснения волновых свойств выступает представление показателя экспоненты в виде $\varphi = (\vec{p}\vec{x})$, т. е. в виде скалярной комбинации двух понятий: импульса (скорости) и координаты, соответствующих двум унарным геометриям, которые получаются близким методом квадрирования из одной и той же первичной БСКО ранга (3,3). Этим шагом устанавливаются комплексные циклические отношения между частицами (элементами) окружающего мира. Но цикличность отношений еще не означает волновых свойств.

²² Дирак П. А. М. Принципы квантовой механики. М.: Физматгиз. 1960. С. 38.

6. Волновой характер поведения частицы возникает лишь в результате дополнительного постулата, чуждого реляционному подходу к микромиру, о **распространении частицы в готовом пространстве-времени**. Это достигается введением *текущей* времени-подобной координаты x^0 и превращением фазового вклада в классическое действие ($\varphi \rightarrow iS/\hbar$). Поскольку классическое действие определяется вдоль одной времени-подобной мировой линии частицы, а отношения задаются между исходным состоянием (положением) частицы и всеми другими окружающими частицами, то не остается ничего иного, как дополнить постулат распространения возможностью эволюции вдоль множества траекторий всеми возможными способами, соединяющими исходное состояние частицы со всеми другими.

7. При освоении квантовой теории возникают проблемы, связанные со спинорностью частиц и со спином как сугубо квантовым понятием. Возникает вопрос: почему основные виды элементарных частиц описываются именно спинорными волновыми функциями? Если исходить из классических представлений, казалось бы, ничто не мешает частицам быть скалярными или векторными. В общепринятом подходе наиболее убедительный ответ на этот вопрос состоит в том, что из спинорных величин можно построить скалярные и векторные величины, а наоборот нельзя, т. е. спинор представляется самым простым объектом.

В бинарной геометрофизике *спинорность частиц получает строгое логическое обоснование*: элементы ключевой БСКО ранга (3,3) описываются 2-компонентными спинорами. В теории, опирающейся на БСКО более высокого ранга, 2-компонентные спиноры характеризуют внешние свойства элементарных частиц.

Одним из существенных отличий бинарной геометрофизики от общепринятой квантовой теории является то, что в ней спиноры получаются не извлечением квадратного корня из классических векторов, как это делается в квантовой механике, а наоборот, — векторы и другие величины выводятся из спиноров как более первичных понятий теории.

Из строгого алгебраического подхода к спинорам на основе алгебр Клиффорда над полем вещественных чисел делается вывод, что характер спиноров (вещественность, комплексность или кватернионность, число компонент и т. д.) определяется пространством, в котором они вводятся. В бинарной геометрофизике предлагается обратный ход: из вида первичных спиноров определяются свойства соответствующего им пространственно-временного многообразия. В понятии 2-компонентных спиноров содержится прообраз (причина) как размерности, так и сигнатуры классического пространства-времени.

8. В рамках бинарной геометрофизики (реляционного подхода) обосновывается вид общепринятых лагранжианов для взаимодействующих микрочастиц, причем это делается на основании специфических свойств теории систем отношений. Прообраз действия частиц, оказывается, представляет собой своеобразный объем бинарной геометрии.

9.4.3. Атомы как монады Лейбница

Одним из наиболее внушительных достижений квантовой теории является описание связанных микросистем, главным образом, атомов и молекул. Эти системы сейчас можно трактовать как некие монады Лейбница. Что держит во-

едино их составные части? Согласно общепринятым теоретико-полевым представлениям, электроны в атоме удерживаются электромагнитным полем. Но, если мы в реляционной парадигме отказались от понятия поля, каким образом можно объяснить силу притяжения электронов к ядру. Можно усмотреть ответ на этот вопрос в приведенных в первой главе словах Куно Фишера, пояснявшего суть учения Лейбница: «Если, говоря словами Лессинга, в мире ничто не изолировано, то не может быть изолирован ни один индивидум: в таком случае представление этого индивидума есть непосредственно представление *всех*, или каждая монада есть представитель Вселенной; в своей самостоятельности она есть не только мир сам по себе, но, так как она существует в связи со всеми остальными, вместе с тем и этот большой мир в миниатюре, т. е. *микрокосм*, малый мир (*petit monde*), сконцентрированная Вселенная (*univers concentre*)».

Поясним, как реализуется эта идея в рамках представлений о макроскопической природе пространственно-временных отношений. Это можно сделать, вспомнив работы 30-х годов В. А. Фока²³ и Е. А. Хиллерааса²⁴, в которых была открыта О(4)-симметрия уравнения Шредингера в задаче атома водорода. Суть этого открытия, до настоящего времени вызывающего множество вопросов, состояла в следующем. Если записать уравнение Лапласа для некоторой скалярной функции на 3-мерной гиперболе в 4-мерном евклидовом (импульсном) пространстве, то собственные значения его угловой части совпадают с выражением для энергетических уровней атома водорода, полученных на основе общепринятого уравнения Шредингера с учетом кулоновского поля в 3-мерном координатном пространстве. В упомянутых работах было показано, как с помощью процедуры стереографической проекции можно перейти от гиперболы в импульсном пространстве сначала к выражениям на 3-мерной гиперплоскости, а затем к известному уравнению Шредингера в координатном пространстве.

И здесь возникает масса вопросов. Что собой представляет скалярная функция, для которой пишется уравнение Лапласа? Почему исходным является импульсное пространство? Почему рассматривается 3-мерная гиперсфера? Почему в результате получается взаимодействие через кулоновское электромагнитное поле, тогда как в исходном уравнении Лапласа оно никак не учитывается? Имеются и другие вопросы.

Профессор И. М. Тернов нам рассказывал, что в 40-х годах, когда на кафедре теоретической физики физфака МГУ обсуждалась вышеназванная работа В. А. Фока, тогдашний заведующий кафедрой профессор А. А. Власов резко протестовал против признания физического смысла за этим результатом. Он считал все это чушью, случайным совпадением, утверждал, что невозможно получить уровни атома водорода, не заложив в исходные условия задачи наличие электромагнитного поля.

Противоположной точки зрения придерживался Макс Борн. Сохранилось его письмо В. А. Фоку, присланное в 1936 г. из Кембриджа:

«Дорогой Фок! Ваша работа об атоме водорода в импульсном пространстве и о 4-мерных шаровых функциях мне очень понравилась, она так

²³ Фок В. А. Атом водорода и неевклидова геометрия // Известия АН СССР. 1935. Т. 2. С. 169–184.

²⁴ Хиллераас Е. А. Волновые уравнения задачи Кеплера в импульсном пространстве // Z. Phys., 1932, Bd 74. № 3, 4. S. 216.



В. А. Фок (1898–1974 гг.). Фото автора

хороша, что я даже включил ее в мою лекцию „Прогресс квантовой механики“... У меня есть два студента, которые перелагают Ваш метод для дираковского H -атома»²⁵.

Однако, восторженное мнение классика квантовой теории не снимает поставленные выше вопросы.

Ответить на них позволяет реляционный подход к мирозданию с использованием идеи о макроскопической (статистической) природе пространственно-временных отношений. Чтобы это сделать, нужно исходить из следующего допущения: все фотоны, существующие в мире и как бы испущенные, но еще не поглощенные, устанавливают парные отношения между электроном и ядром любого выделенного атома водорода, которые описываются БСКО ранга (4,4). Это включает в себя угловые отношения, описываемые БСКО ранга (3,3) и фазовые вклады, характеризующиеся ее подсистемой в виде БСКО ранга (2,2). От БСКО ранга (3,3), имеющей импульсный характер, можно перейти к унарной римановой геометрии на 3-мерной гиперсфере. Каждый из огромного количества фотонных вкладов дает точку на гиперсфере и соответствующий ей фазовый (скалярный) вклад. В своей совокупности все такие точки дают некое распределение фазовых вкладов на гиперсфере. Задача на собственные значения уравнения Лапласа может означать, что все фазовые вклады не произвольны, а соответствуют некоторому резонансному распределению, обеспечивающему устойчивое парное отношение между электроном и ядром, на общепринятом языке описываемом решением уравнения Шредингера с электромагнитным полем.

Данная интерпретация работ Фока и Хюллерааса в макроскопическом духе вполне соответствует принципу Маха и приведенным выше взглядам Г. Лейбница, согласно которым каждая монада (теперь атом) представляет собой «микросм», отображающий или содержащий в себе весь окружающий мир (всю Вселенную) через испущенные миром фотоны. Напомним, что по-

²⁵ Цит. по: Владимирова Л. Ф. От квантовой механики к теории относительности. Академик В. А. Фок: Теоретическая физика в чистом виде. М.: КРАСАНД, 2012. С. 123.

следние в реляционном подходе означают системы отношений между всеми возможными поглотителями.

Замечу, что в частных беседах с Г. В. Рязановым мы достигли согласия в принципиальном вопросе обоснования сил притяжения объектов влиянием со стороны всего окружающего мира, однако конкретная реализация этой идеи в наших подходах различна.

До сих пор речь шла о влияниях окружающего мира на структуру атомов и вообще микрообъектов. Однако многочисленные эксперименты С. Э. Шноля и его учеников свидетельствуют о наличии подобных воздействий и в макроскопической области. Так, в работе Шноля с соавторами, где описывается множество таких воздействий, отмечается: «Если попытаться резюмировать наши знания о проявлениях и природе макроскопических флуктуаций, можно сказать следующее. Макроскопические флуктуации состоят в переходах разных объектов окружающего мира из одного дискретного состояния в другое. В каждый данный период времени существует спектр „разрешенных“ дискретных состояний, проявляющийся в виде гистограмм результатов измерений характерной формы. Форма этих спектров различна в разные периоды времени. Представленная картина свидетельствует о важности выявления возможной космофизической природы макроскопических флуктуаций в ходе дальнейшей работы»²⁶.

9.5. Какие практические приложения можно ожидать от реляционного подхода

233

Очевидно, что власть придержащие ожидают от науки, прежде всего, осязаемых практических результатов и не очень жалуют проведение фундаментальных исследований. От ученых требуются прикладные разработки, причем дающие непосредственный эффект. Однако нужно думать и о завтрашнем и о послезавтрашнем дне, не забывая, что всякий прорыв в понимании мироустройства рано или поздно приводит к богатым практическим следствиям.

Во второй книге данной серии уже писалось, что всплеск интереса к общей теории относительности в 60-х годах прошлого века был вызван именно надеждами, что вслед за успехами в ядерной сфере и в радиоэлектронике последуют весомые практические приложения от исследований эйнштейновской теории гравитации в виде освоения гравитационного излучения, открытия антигравитации, новых источников энергии и т. д. Общеизвестно, что освобождение ядерной энергии тесно связано с формулой Эйнштейна $E = mc^2$, а начало работ над атомным проектом в США было, в частности, инициировано письмом Эйнштейна к американскому президенту. Однако эти надежды не оправдались. Почему? Видимо, вскрытые в рамках ОТО (и вообще геометрической парадигмы) закономерности оказались недостаточно глубокими для решения ожидаемых прикладных задач.

Но, тем не менее, вряд ли когда-нибудь иссякнет надежда человечества на возможность влияния или даже управления силами гравитации, на открытие

²⁶ Удальцова Н. В., Коломбет В. А., Шноль С. Э. Возможная космофизическая обусловленность макроскопических флуктуаций в процессах разной природы. Пушينو: Изд-во Научного центра биологических исследований АН СССР в Пушине, 1987. С. 89–90.

принципиально новых двигателей и способов перемещения в пространстве-времени²⁷. Позднее пришло осознание важности понимания пространственно-временных отношений и тех физических принципов, которые обусловили их природу. Только когда мы это сделаем, можно будет целенаправленно приступить к решению столь желанных и многообещающих задач. Развитие бинарной геометрофизики и всего реляционного подхода к мирозданию направлено сегодня на эту задачу.

Если метрические свойства пространства-времени имеют статистический характер и возникают из наложения гигантского количества неких элементарных вкладов, то возникает вопрос: как имеющимися в нашем распоряжении средствами добиться неких резонансных воздействий на те или иные пространственно-временные отношения? Любое продвижение в решении этой задачи означало бы наступление новой эры в космической сфере. Уже затраченные настойчивые усилия и несбывшиеся надежды заставляют признать, что принципов, заложенных в основу общей теории относительности, недостаточно для осуществления наших планов. Все рассуждения о перемещении в другие регионы Вселенной или даже в другие вселенные через кротовые норы оказываются нереализуемыми, фантастическими мечтаниями.

Вполне вероятно, что прояснение связей различных типов фундаментальных физических взаимодействий откроет большие возможности. Согласно нашим исследованиям как в рамках геометрической, так и реляционной парадигмы, слабые и электромагнитные взаимодействия представляют собой две последовательные стадии вырождения сильных взаимодействий и все они, имея векторный характер, ответственны за возникновение гравитационных взаимодействий. Можно высказать предположение, что изменение в системах весовых вкладов разных видов физических взаимодействий должно сказаться на интенсивности гравитационного взаимодействия в силу изменения веса системы.

Реляционный подход к природе пространства-времени и физических взаимодействий, несомненно, приведет к существенным изменениям наших представлений о Вселенной в целом. Если до недавнего времени мы могли спокойно воспринимать экстраполяцию выводов общей теории относительности на Вселенную в целом и даже тешить себя мыслью, что физика, наконец, позволила нам заняться описанием ее возникновения и эволюции, то последние достижения астрофизики поумерили эту эйфорию. Гипотезы темной энергии и темной материи, призванные спасти экстраполяцию закономерностей ОТО на весь мир, заставили задуматься и искать пути построения более совершенной теории мироздания. Реляционная парадигма открывает путь для исследований в этом направлении.

Более того, есть основания полагать, что некие, пока не понятые нами механизмы воздействия на пространственно-временные отношения реализуются в окружающем нас мире, но они чрезвычайно слабы. Скорее всего, их нужно искать в наиболее тонких закономерностях живой природы и человеческой психики.

²⁷ В книге первой уже говорилось, что именно эти надежды привели автора на физический факультет МГУ, а затем — к изучению фундаментальной теоретической физики.

Заключение

Процесс научного творчества, озаренный сознанием отдельных великих личностей, есть вместе с тем медленный и вековой процесс общечеловеческого развития... Корни великого открытия лежат далеко в глубине, и, как волны, бьющиеся с разбега о берег, много раз плещется человеческая мысль около подготавливаемого открытия, пока не придет девятый вал!¹

В. И. Вернадский

Каждому, кто работает в области фундаментальной теоретической физики, волей неволей приходится выбирать метафизическую парадигму, в русле которой он будет действовать. В этом отношении исследователь сродни былинному богатырю перед огромным камнем, на котором начертаны слова:

Прямо пойдешь,
В дебри суперструн и бран попадешь.
Направо свернешь,
По пути Клиффорда—Эйнштейна побредешь.
Налево повернешь,
Вслед за Лейбницем и Махом их путь пройдешь.

Действительно, физик-теоретик выбирает направление своих исследований и перед ним открываются три дороги: теоретико-полевая, накатанная, по которой шло подавляющее большинство, геометрический путь Клиффорда—Эйнштейна, также довольно протоптанный, и третий, реляционный, менее всего исхоженный путь Лейбница и Маха: тропинка в дебрях устоявшихся догм и предрассудков. Но каждый идущий по этим дорогам неизбежно погружается в мир последних достижений физической науки, сознавая необходимость философского осмысления дальнейших шагов в избранном направлении.

В книге первой «Диамату вопреки» речь шла об исследованиях в области теоретической физики первой половины XX века, однако главное внимание в ней было сосредоточено на теоретико-полевой парадигме («прямо пойдешь...»). При этом автор не ставил перед собой цель ее подробного описания, поскольку она находится в центре внимания учебных программ всех вузов.

Вторая и третья книги этой серии «По пути Клиффорда—Эйнштейна» и «Геометрическая парадигма: испытание временем» были специально посвящены развитию исследований в 60-х — начале 90-х годов в рамках геометрической парадигмы («направо пойдешь, ...»). Этим исследованиям предшествовал долгий путь, который, как это точно выразил Вернадский, можно сравнить с волнами человеческой мысли, бьющимися о берег. Обычно истоки этого пути

¹ Вернадский В. И. Научная мысль как планетарное явление // В. И. Вернадский. М.: Наука, 1971. С. 231.

связывают с Пятым постулатом Евклида, после которого волнообразно предпринимались многочисленные попытки его доказательств. Во второй книге упоминались волны-этапы, которые непосредственно предшествовали девятому валу великого открытия общей теории относительности. Таковыми были:

- а) работы К. Гаусса, Н. И. Лобачевского, Я. Бояи, открывших первую неевклидову геометрию;
- б) знаменитый мемуар Б. Римана «О гипотезах, лежащих в основании геометрии», в котором был открыт второй вид неевклидовой геометрии, а также класс дифференциальных геометрий Римана;
- в) работы Клиффорда, фактически заложившие основание исследований в рамках геометрической парадигмы;
- г) исследования геометров конца XIX века, в которых был разработан математический аппарат римановой геометрии;
- д) открытие специальной теории относительности, в рамках которой были объединены 3-мерное пространство и время.

И только после этого в 1913–1916 гг. грянул девятый вал великого открытия общей теории относительности. В результате были радикально изменены представления о пространстве-времени, в котором мы живем. Перед разумом человечества развернулись необъятные перспективы осмысления на новых началах мира в целом.

После этого девятого вала было еще несколько важных накатов в виде открытия неримановых геометрий, многомерных геометрических моделей объединения физических взаимодействий, нахождения однородных изотропных космологических решений уравнений Эйнштейна, классификации пространств Эйнштейна. Однако все это произошло уже позднее. В течение большей части XX века было несколько волн подъема интереса к исследованиям в рамках геометрической парадигмы. Наиболее значительный из них приходится на 60-х годы XX века (см. вторую книгу данной серии). Однако надежды, возлагавшиеся на эти исследования, так и не увенчались ощутимыми практическими результатами: ни гравитационные волны, ни способ управления силами гравитации, ни новые геометрические источники энергии открыть не удалось. Завораживающие «успехи» в объяснении Вселенной в целом на практике обернулись мифотворчеством на базе эйнштейновской общей теории относительности. Ничего, сравнимого с научными достижениями первой четверти XX века, на этом пути получено и не было.

Подчеркнем, что открытие закономерностей специальной теории относительности, оказалось чрезвычайно важным не только в развитии геометрической, но и реляционной парадигм.

В этой, четвертой, книге внимание было сосредоточено на волновых накатах мысли в русле реляционного миропонимания («налево пойдешь...»). Как уже отмечалось, на этом пути ставятся фундаментальные проблемы мироздания. Если в теоретико-полевом подходе пространственно-временной фон должен быть априорно заданным, а в геометрическом речь идет об обобщении его свойств (искривленности, размерности, топологии и т. д.), то в реляционной парадигме ставятся проблемы вывода и обоснования свойств классического пространства-времени из более глубоких физических принципов,

а также рассматривается тесная связь этих свойств с ключевыми физическими закономерностями.

Каждая из глав этой книги раскрывает суть того вклада, который внесли выдающиеся ученые в разработку реляционного миропонимания.

В первой из этих глав были изложены реляционные идеи Лейбница о природе пространства, времени и физических взаимодействиях, которые в той или в иной форме возрождались во взглядах всех последующих сторонников этой парадигмы. Конечно, в эпоху Лейбница речь не шла о построении систематической реляционной картины мира, поэтому его труды в этом направлении носили фрагментарный характер.

Вторая глава посвящена реляционным идеям Маха и их роли в становлении как специальной, так и общей теории относительности. Хотя Эйнштейн и говорил, что Мах мог создать общую теорию относительности за 50 лет до него, но вряд ли это было возможно. Ведь не хватало объединения пространства и времени в единое 4-мерное многообразие, установленного лишь позже, в специальной теории относительности. Кроме того, надо иметь в виду, что для создания общей теории относительности, а тем более реляционной картины мира, необходимо найти математический аппарат, адекватный решению данных проблем, тогда как Мах недостаточно владел математическими методами. Да и в то время физика еще не созрела для смены триалистической ньютоновой парадигмы, критике которой Мах уделял столько сил и времени.

Так получилось, что, несмотря на отказ Эйнштейна от реляционных идей Маха в пользу геометрической парадигмы Клиффорда, советские физики в эпоху пересмотра всех сторон жизни в 20–30-х годах тяготели к реляционному мировоззрению. Это выразилось в диспутах начала 30-х годов, о которых речь шла в третьей главе. Главным сторонником реляционных идей был профессор Я. И. Френкель. Однако под напором трудностей совмещения концепции дальнего действия с достижениями квантовой теории поля Френкелю и другим сторонникам реляционного подхода пришлось отступить. Но главной причиной отката стал отрыв концепции дальнего действия от реляционного подхода к природе пространства-времени.

Аналогичная судьба постигла также Р. Фейнмана и Дж. Уилера в 40–60-х годах. Так, на волне подъема интереса к реляционным идеям Фейнман пытался построить квантовую механику, согласующуюся с концепцией дальнего действия на фоне готового классического пространства-времени («в пространственно-временном аспекте»). Но это привело к тем же трудностям с расходимостями, что и в квантовой теории поля, а в конечном итоге — к охлаждению его интереса к реляционному подходу в пользу теоретико-полевого парадигмы.

В те же годы были попытки построения реляционной картины мира в виде цикла исследований Ф. Хойла и Дж. Нарликара, а также в области S-матричной формулировки квантовой теории поля. Первая из них оказалась неудачной из-за погружения концепции прямого взаимодействия в готовое риманово пространство-время, а вторая — из-за чрезвычайной трудности перехода от непространственной теории физики микромира к закономерностям классического пространства-времени.

В 60–80-х годах в СССР был очередной всплеск интереса к теории прямого межчастичного взаимодействия, что нашло отражение в исследованиях

Г. В. Рязанова, А. А. Пантюшина, Я. И. Грановского, К. А. Пирагаса, в наших совместных работах с А. Ю. Турыгиным и в публикациях других авторов. Ряд новых мыслей в духе реляционной концепции Лейбница и Маха, но уже на современной основе, был высказан Рязановым. В наших работах с Турыгиным было показано, каким образом Эйнштейн мог оставаться в рамках реляционных взглядов Маха. К сожалению, этим работам был присущ недостаток, свойственный и исследованиям Фейнмана: в них не прослеживалась связь с реляционным подходом к природе самого пространства-времени.

В шестой главе рассмотрены работы по теории физических структур Ю. И. Кулакова с его учеников. Хотя эти авторы не усматривали связи своих исследований с реляционными идеями Лейбница и Маха, по полученные ими результаты фактически были нацелены на реляционное описание пространственно-временных и других отношений. Главный недостаток работ Кулакова и его группы оказался отличным от отмеченного в трудах Фейнмана и некоторых других авторов: в них речь шла о реляционной природе пространства-времени, но отсутствовали физические взаимодействия. В теории физических структур говорится лишь о геометриях с симметриями, тогда как в современной калибровочной теории поля физические взаимодействия описываются посредством нарушения симметрий.

В седьмой главе описан всплеск интереса к реляционной парадигме, проявившийся в серии школ по теории физических структур в Пушино-на-Оке, Львове, Новосибирске и в других городах нашей страны.

В восьмой главе описан наш цикл работ, в которых предпринята попытка устранить отмеченные недостатки исследований, с одной стороны, Френкеля, Фейнмана, Хойла и других авторов, и, с другой стороны, работ группы Кулакова по теории физических структур. Как нам представляется, на этом пути удалось получить ряд интересных результатов: введение спинорных частиц в концепцию прямых взаимодействий, обоснование размерности физического пространства-времени, выход на новый вид соотношения между электромагнитным и гравитационным взаимодействиями и другие.

Однако в силу ряда причин эти результаты не обратили на себя должного внимания и уж, конечно, пока не стали тем девятым валом, о котором писал Вернадский. Мы отдаем себе отчет в том, что сегодня, когда обсуждается множество вариантов теорий и гипотез, на признание коллег и научной общественности могут рассчитывать исследования, на основе которых что-то «взорвалось» или «полетело»... А пока этого не случилось, нужно активнее обсуждать принципиальные вопросы физического мировоззрения, анализировать новые направления научного поиска и пытаться разглядеть вырисовывающиеся на горизонте черты искомой теории. Именно этому посвящена последняя, девятая, глава данной книги. Насколько сбудутся ожидания автора, покажет дальнейшее развитие науки.

И все же, как представляется, именно за реляционным подходом будущее фундаментальной теоретической физики. Эта убежденность основана, во-первых, на анализе ряда глубоких проблем как общей теории относительности, так и физики микромира, а во-вторых, на настоятельной необходимости вывода классических пространственно-временных представлений со всеми известными геометрическими свойствами из неких более глубоких закономерностей физического характера. Эта мысль неоднократно высказы-

алась рядом выдающихся физиков и математиков. Для решения этой задачи казалось недостаточно принципов теоретико-полевого и геометрического парадигм, — необходимо взглянуть на мир под иным углом зрения, о чем речь шла в этой книге. Время для построения реляционной картины мира на основе идей Лейбница и Маха созрело, и, надеемся, в недалеком будущем нас ждет только девятый вал, о котором писал Вернадский, но и весомые практические следствия от решения этой фундаментальной задачи.

150-летие со дня рождения Эрнста Маха

Зачем понадобилось ниспровергать с платоновских олимпийских высот фундаментальные представления естественно-научной мысли и пытаться обнаружить их земное происхождение? Ответ: для того, чтобы освободить эти идеи от привязанного к ним «табу» и, таким образом, достичь большей свободы в формировании представлений и понятий. В том, что эта критическая концепция была введена, бессмертная заслуга принадлежит прежде всего Д. Юму и Э. Маху¹.

А. Эйнштейн

Серьезным поводом для переосмысления вклада Э. Маха в развитие фундаментальной теоретической физики и ее реляционной парадигмы стал его 150-летний юбилей, который отмечался и в нашей стране, правда, не на таком высоком уровне, как это было со 100-летием со дня рождения А. Эйнштейна. А объяснялось это достаточно вескими соображениями далеко не научного характера.

П.1. Первые знакомства с трудами Э. Маха

Все годы советской власти вплоть до конца 80-х годов Эрнст Мах рассматривался как махровский идеалист, а обвинения в махизме были чреваты самыми серьезными последствиями. Например, в «Энциклопедическом словаре», изданном в 1954 г., о Махе сказано: «Мах, Эрнст (1838–1916 гг.), австрийский буржуазный философ-идеалист, физик. Мах пытался возродить реакционные идеи Дж. Беркли и Д. Юма и с позиций идеализма фальсифицировал новые данные естествознания». Подобных оценок можно было бы привести много. Примечательно, что к махистам относили А. Эйнштейна и многих зарубежных физиков.

К научному наследию Э. Маха я присматривался уже давно. Интерес вызывал не столько человек, подготовивший почву для создания общей теории относительности и квантовой теории, сколько убежденный сторонник реляционного подхода к пространству, времени и ко всей физики. Моя же уверенность в необходимости построения реляционной картины физического мироздания была обусловлена неудачами попыток объединения принципов общей теории относительности и квантовой теории как в рамках теоретико-

¹ Эйнштейн А. Относительность и проблема пространства // Собрание научных трудов. Т. II. М.: Наука, 1966. С. 749.

полевой, так и геометрической парадигмы. Поэтому опора на Маха приобрела важное значение для обоснования своих исследований на пути именно реляционной парадигмы.

Вплотную я познакомился с трудами Э. Маха только в 1978 г., когда, работая над юбилейным сборником к 100-летию со дня рождения А. Эйнштейна, решил сделать раздел из работ его предшественников. Как известно, создавая общую теорию относительности, Эйнштейн был убежден, что следует идеям Маха. Поэтому, отбирая в этот раздел наиболее подходящие отрывки из работ Маха, необходимо было разобраться в сути его идей, вдохновивших Эйнштейна.

Наиболее известную работу Э. Маха «Механика» я нашел в библиотеке МГУ. Как мне рассказала библиотекарь физфака, она чудом уцелела в МГУ. В тот момент, когда пришли очередные списки на уничтожение книг, в библиотеке был ремонт и эта книга Маха оказалась в ящике в самом низу сложенного штабеля. Это спасло ее от немедленного уничтожения, а затем про нее и вовсе забыли. Так «Механика» Маха осталась в факультетской библиотеке. Под впечатлением от прочитанного я разговаривал с одним из старших коллег, который заметил, что у Маха есть еще более сильная книга «Познание и заблуждение». Этой работы в библиотеке МГУ не оказалось. С предупреждениями никому не говорить, откуда эта книга, мне дал ее почитать профессор А. Е. Левашев. Книга настолько понравилась, что я без его ведома сделал ксерокопию и переплел ее. С тех пор «Познание и заблуждение» стала одной из моих настольных книг.

Затем я нашел в русском дореволюционном переводе отдельные статьи Маха о пространстве и времени. В результате в сборник, посвященный 100-летию А. Эйнштейна, вошло два отрывка из работ Маха. Замечу, что ни один физик, с которыми обсуждался проект будущего сборника, не возразил против включения в него работ Маха. Так, в книге, вышедшей в Советском Союзе в 1979 г., был опубликован Мах.

Вскоре после этого я написал статью в сборник «История и методология естественных наук» (под редакцией профессора И. П. Базарова) о парадигмах в современной теоретической физике, где, в частности, затронул и взгляды Маха. Статью мне вернули с множеством пометок и с предложением существенно переработать материал о Махе с учетом критики Маха и махизма В. И. Лениным. Пришлось немного приглушить некоторые моменты, не меняя существа работы. Так статья была опубликована² в такой цитадели ревнителей чистоты диалектического материализма, каким тогда являлся физфак МГУ.

Что же касается ответа на критические замечания В. И. Ленина, то он фактически содержится в высказывании Маха о трудах по неевклидовой геометрии Н. И. Лобачевского, Б. Римана и других: «Но что нам сказать о той суровой придиричливой критике, которой подверглись мысли Гаусса, Римана и их товарищей со стороны людей, занимающих выдающееся положение в науке? Неужели им на себе самих не пришлось никогда испытать того, что исследователь на крайних границах знания находит часто то, что не может быть гладко и немедленно усвоено каждым умом и что тем не менее далеко

² Владимир Ю. С. К развитию учения о пространстве и времени // История и методология естественных наук. М.: Изд-во МГУ, 1981. Вып. 26 (Физика). С. 76–90.

не бессмысленно? Конечно, и такие исследователи могут впадать в ошибки. Но и ошибки иных людей бывают нередко по своим последствиям плодотворнее, чем открытия других»³.

Следующая история, связанная с именем Маха, произошла почти десять лет спустя и связана с моей книгой «Пространство-время: явные и скрытые размерности» в издательстве «Наука». Обсуждая вопрос о многомерности физического пространства-времени, я не мог не написать о взглядах Маха, высказавшего мысль о возможности высших пространственных измерений еще в 60-х годах XIX века. В тексте о Махе пришлось сделать некоторые реверансы, отметив, что Ленин выступал против философских взглядов Маха, а здесь обсуждаются собственно физические идеи. Но я задумал включить в книгу фотографии наиболее стойких сторонников идеи о многомерии физического пространства-времени: А. Пуанкаре, Э. Маха, Т. Калуцы, А. Эйнштейна и других. Против Калуцы и Эйнштейна возражений не было. О Пуанкаре мне было доверительно сказано, что недавно был снят запрет на публикацию материалов о нем, а вот насчет Маха запреты не отменялись. Иными словами, редактор не может пропустить книгу с его портретом. Книги тогда делались долго, я продолжал настаивать. И наконец в январе 1988 г. мне дали добро на включение фотографии Маха, а к моменту выхода книги в свет в начале 1989 г. мне редактор даже предложил подумать о написании отдельной книги о Махе. Значит, запреты сняли официально.

Книга разошлась мгновенно. На прилавках я ее не видел. Вскоре из нескольких инстанций мне переслали письма («телеги», как мы тогда называли кляузы или доносы) с протестами против моей оценки Маха.

П.2. На родине Э. Маха

С 23 по 31 августа 1986 г. наша делегация участвовала в работе международной геометрической конференции в Брно. Оказавшись проездом в Праге, я решил посетить место, где работал Мах. Отыскав Карлов университет и здание математико-физического факультета, я удивился, не найдя на его стенах памятной доски с именем Маха. Профессор Ковальский, который нас встречал в Праге, сообщил, что мемориальной доски Маха в Праге нет.

Уже в Брно меня попросили выступить на кафедре теоретической физики, где на стене среди других портретов физиков я увидел портрет Э. Маха. Говоря в своем выступлении о системах отсчета и о проблеме размерности, я специально более подробно остановился на роли Маха в становлении ОТО и на его взглядах на размерность пространства-времени. После семинара я высказал пожелание посетить место, где родился Мах. Было известно, что оно расположено поблизости от Брно, но никто из присутствовавших указать это место не смог. Пообещали навести справки. Перед этим, обсуждая с Яном Хорски, соавтором нашей книги с Н. В. Мицкевичем «Пространство, время, гравитация»⁴, планы нашего дальнейшего сотрудничества, мы условились написать статью о Махе в связи с приближающимся 150-летием со дня его рождения.

³ Мах Э. Познание и заблуждение. М.: БИНОМ (Лаборатория знаний), 2003. С. 401.

⁴ Владимир Ю. С., Мицкевич Н. В., Хорски Я. Пространство, время, гравитация. М.: Наука, 1984, 208 с.



Ю. С. Владимиров и Э. Шмутцер (Прага, 1986 г.)

Через пару дней мне сказали, что нашли человека, который может показать дом, где родился Э. Мах, и что вечером после заседаний приедет машина и мы сможем туда съездить. Мы пригласили с собой Эрнста Шмутцера, профессора Иенского университета из ГДР, также занимающегося многомерными теориями. В этот день мы с ним выступали с пленарными докладами на эту тему. О своем интересе к его докладу я заранее сообщил Шмутцеру, но он сказал, что я вряд ли что услышу для себя новое, так как со времени нашей последней встречи он был занят написанием курса по теоретической физике и новых результатов по 5-мерию не получил. Действительно, я ничего особенного от него не услышал. Во-первых, он ограничивался только пятью измерениями, а мне уже было мало шести измерений, во-вторых, он интересовался лишь возможными астрофизическими эффектами за счет учета скаляризма (компоненты метрики G_{55}), а я больше занимался микромиром. После доклада и в дальнейшем он мне несколько раз повторял: «Твое направление в сторону микромира (элементарных частиц), мое — в сторону астрофизических эффектов». Так он разделил сферы наших интересов. Примечательно также, что я в своем докладе указывал цепочку предшественников, начиная с Б. Римана, Э. Маха, Т. Калуцы, А. Эйнштейна, тогда как Шмутцер начал лишь с Калуцы, затем назвал П. Йордана, П. Бергмана, т. е. исследователей 20–50-х годов XX века.

243

Вечером на машине приехала женщина — историк физики (Зденка Халачкова), и мы вчетвером (Халачкова, Шмутцер, Хорски и я) отправились в путь. По дороге мы с Эрнстом продолжили обсуждение проблем многомерия. Он говорил о планах разработки многомерной теории, в которой бы спинорное поле не вводилось волевым образом и также геометризмовывалось. В связи с этим он затронул исследования по супергравитации. Я постарался объяснить, что меня останавливает от занятий супергравитацией. Это направление мне представлялось недостаточно фундаментальным. Рассказал ему о четырех физических парадигмах (тогда я еще имел в виду 4 парадигмы), о своей



Дом в г. Брно (Чехия), где родился Эрнст Мах (бывшее селение Хрлице, вошедшее в черту города Брно). Фото автора

приверженности к реляционной парадигме и к идее получения классического пространства-времени из неких иных соображений. Шмутцер на это заметил, что, видимо, подобные взгляды разделяет немецкий физик-теоретик из ФРГ Вайцекер и вкратце охарактеризовал его взгляды.

Мы приготовились к дальней дороге, но все оказалось значительно ближе. Вскоре, практически не выезжая из Брно, мы въехали в местечко, бывшее раньше отдельным населенным пунктом, а затем слившееся с городом. Машина остановилась на развилке дорог перед небольшой площадью, посреди которой на газоне возвышалась скульптура ангела с крестом. Вокруг стояли 1- и 2-этажные строения. За металлической оградой выделялся капитальный 3-этажный г-образный особняк, на котором висела табличка с адресом: Chrlice, 2. Это и был дом (замок, как его называл Ян Хорски), где родился Эрнст Мах.

Начинало смеркаться, моросил мелкий дождь. Мы раскрыли зонтики и подошли к торцевой стороне дома, выходящей на площадь. Снизу вверх смотрели на высокие окна. На стене висела табличка, указывающая, что в этом доме практикует врач-стоматолог. Больше ничего не было. Вошли в массивные открытые ворота внутрь ограды. Во дворе порядок. В подъезде дорогу нам преградил вахтер, сказавший, что здесь сейчас располагается дом для престарелых и, чтобы не нарушать покой проживающих, вход сюда запрещен. На наши расспросы он ответил, что этот дом старый и что он не знает, кто в нем жил раньше. Пришлось выйти.

Тем временем Зденка стала опрашивать прохожих на площади. Спросила одного, другого — никто ничего не знал о бывших хозяевах дома. Но вот один мужчина, примерно 45–50 лет, определенно заявил, что в этом доме когда-то жил Мах. Спросили, откуда он это знает. Он вел себя как-то нерешительно, словно чего-то опасаясь, и без особого энтузиазма рассказал, что еще мальчишкой, примерно в 1947–1948 гг., видел слегка поврежденную сбоку бронзовую мемориальную доску с этого здания, которая валялась в подвале соседнего дома в куче мусора. Насколько он помнит, на доме Маха тогда еще был отчетливо виден след от снятой доски.

Мы попросили показать тот дом. Он провел нас в маленький проулок в ворота какого-то склада. Там, посреди двора, лежала большая куча металлолома. Он указал на кучу и сказал, что тот дом располагался здесь. Что случилось с доской, он не знал. Вполне возможно, что подвал вместе с доской оказался просто засыпанным. Во всяком случае, одному человеку ее унести было невозможно. Мы постояли около кучи, строя разные предположения о судьбе доски.

Зденка представила нас этому мужчине, сказав, что мы, три профессора из трех стран: Советского Союза, ГДР и Чехословакии, специально приехали сюда, чтобы посетить дом и почтить память Эрнста Маха. Спросили его, знает ли он, кем был Мах. Мужчина сказал, что в школе и в институте им говорили, что Мах был философом-идеалистом и критиковали его идеалистические взгляды. Тогда мы спросили о его специальности. Оказалось, что он инженер по тепловому оборудованию. Узнав это, мы спросили, слышал ли он что-нибудь о числе Маха?

— Конечно, слышал, — ответил он.

245



Первая мемориальная доска на доме Э. Маха в Брно, изготовленная в 1938 г. к 100-летию со дня его рождения

Кто-то из нас сказал ему, что Мах был великим физиком и что число Маха названо в честь того Маха, который родился в соседнем доме. Инженер был искренне удивлен и с недоверием смотрел на нас. В конце разговора инженер вел себя уже более раскованно и даже позволил записать свое имя (Долежал), фамилию, адрес и телефон.

Нужно было возвращаться в город. Шмутцер решительно заявил: «Едем в какой-нибудь ресторан. Посидим и обсудим сложившуюся ситуацию». Так мы и сделали. Недалеко от гостиницы, где мы жили, Ян указал подходящий ресторан — 2-этажное строение на холме, с которого открывался вид на город. Мы разместились за большим полусвободным столом. Шмутцер тут же достал бумагу и объявил, что будет вести протокол нашего разговора. Тогда бумагу достали и мы с Яном. В результате были составлены протоколы на трех языках (немецком, русском и чешском) с указанием даты, перечнем присутствующих и обсуждавшейся стратегии нашей дальнейшей деятельности, включая программу-максимум. В нее входили, во-первых, организация юбилейной конференции, посвященной 150-летию Эрнста Маха, во-вторых, открытие к юбилею мемориальной доски на доме Маха и, в-третьих, издание сборника статей, посвященного Э. Маху. Предполагалось, что каждый из нас в своей стране будет добиваться издания такого сборника. Мы даже набросали список возможных авторов и примерную тематику сборника. Затем все четверо расписались на всех трех протоколах.

246 П.3. 150-летний юбилей Э. Маха в Чехословакии

Намеченная программа была выполнена. По приезде в Москву я переговорил с Николаем Всеволодовичем Мицкевичем, и он с энтузиазмом присоединился к нашим действиям. 6 сентября 1986 г. уже в Москве был составлен еще один протокол, в котором речь шла не только о действиях внутри страны, но и о помощи в организации юбилея на родине Маха. В СССР уже полным ходом шла «перестройка» и особых трудностей в организации 150-летнего юбилея Маха мы не видели. Однако в Чехословакии ситуация была совершенно иной. Помню, когда я во время беседы с одним из чехословацких коллег, свободно говоривших по-русски, дал ему привезенную с собой брошюру о горбачевской перестройке, он, прочитав заголовок, побледнел, быстро сунул ее за пазуху и стал оглядываться по сторонам: не смотрит ли на него кто-нибудь из его соотечественников. До Чехословакии тогда еще не докатились перемены, происходившие в СССР, а идеологические гайки были закручены до предела.

П.3.1. Статья к юбилею Э. Маха

Прежде всего, мы с Мицкевичем решили подготовить юбилейную статью о Махе совместно с Яном Хорски. Для придания веса данной публикации мы пригласили в соавторы академика Ф. И. Федорова из Минска. Объяснили ему ситуацию и назначение статьи. Он с готовностью согласился войти в число авторов, одобрил подготовленный нами проект статьи и взялся отредактировать русский вариант. Затем статью переслали Яну Хорскому, который ее перевел на чешский язык и добился публикации в одном из ведущих чехословацких



Авторы статьи об Э. Махе: Н. В. Мицкевич, Я. Хорски, Ю. С. Владимиров

журналов⁵. Как он потом рассказывал, подобную статью чешских авторов, конечно, не приняли бы к публикации, но в данном случае речь шла о совместной работе трех советских физиков и одного чешского и в итоге статья вышла еще до юбилея Э. Маха.

Стремясь познакомить читателя с одним из крупнейших ученых, который предопределил развитие современной науки, мы остановились в статье на основных фактах жизни и деятельности Э. Маха: «Эрнст Мах родился 18 февраля 1838 г. в деревне Хрлице под Брно (современная Чехословакия). Его мать была дочерью дворника епископского хозяйства, отец был внештатным воспитателем. Его характеризовали как мечтателя и упряма. Мах учился в гимназии в городе Кромежиж и сдал здесь экзамен на аттестат зрелости в 1855 г. В этом же году он уехал в университет в Вену, где изучал, прежде всего, физику и математику. В 1860 г. он получил



Академик Ф. И. Федоров (1911–1994)

⁵ Fedorov F. I., Horsky J., Mickevic N. V., Vladimirov J. S. / 150 let od narozeni Ernsta Macha // Pokroky matematiky, fyziky a astronomie. Rocnik 33 (1988). P. 28.

степень доктора философии по этим наукам. С 1861 по 1864 г. Мах занимал должность приват-доцента Венского университета, затем — профессора математики и физики Университета в Граце (1864–1867 гг.). Здесь в 1867 г. Э. Мах женился и вскоре переехал в Прагу, где работал профессором экспериментальной физики немецкого отделения Карлова университета до 1895 г., то есть в течение 28 лет. Здесь он дважды был ректором, в 1879/80 и в 1883/84 годах. В 1895 г. Мах возвращается в Венский университет в качестве профессора философии „специально по теории и истории индуктивных наук“ и здесь же в 1901 г. уходит на пенсию. В 1898 г. в результате кровоизлияния в мозг с ним случился правосторонний паралич, от которого он не излечился до конца жизни. Мах оставался в Вене до 1913 г., после чего он переехал к своему сыну (Л. Маху) в Фатерштеттен под Мюнхеном, где умер 19 февраля 1916 г.).

Отмечалась и многогранность научных трудов Э. Маха, «позволяющая говорить о Махе физике-теоретике, физике-экспериментаторе, физиологе и философе». Затем мы подробно проанализировали его наследие как физика-теоретика, отметив, что многие его идеи не исчерпаны и в наши дни. Среди них, в частности, были выделены следующие:

- 1) реляционная концепция пространства и времени;
- 2) идея о единстве и неразрывности физического мира, которую впоследствии Эйнштейн возвел в ранг принципа Маха⁶;
- 3) предсказание великого будущего работ по неевклидовой геометрии Н. И. Лобачевского, Я. Бояи, К. Гаусса, Б. Римана и других авторов⁷;
- 4) идеи, подготовившие почву для создания общей теории относительности (Сам Эйнштейн отмечал: «Что касается меня лично, то я должен сказать, что мне, прямо или косвенно, особенно помогли работы Юма и Маха»... «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!»⁸);
- 5) концепция дальнодействия в физике;
- 6) идеи, заложившие основу для развития квантовой механики (не случайно советские философы обвиняли создателей квантовой теории Н. Бора, Э. Шредингера и других в махизме и позитивизме);
- 7) обоснование возможности дополнительных измерений пространства. Напомним слова Э. Маха: «Что до сих пор не удалось создать удовлетворительную теорию электричества, это зависит, может быть, от того, что электрические явления непременно хотели объяснить в пространстве с тремя измерениями»⁹.

⁶ Э. Мах: «Природа не начинается с элементов, как вынуждены начинать с них мы. Впрочем, для нас счастье, если нам удастся на некоторое время отвести взор от огромного целого и сосредоточиться на его отдельных частях. Но мы не должны забывать тотчас заново исследовать то, что временно не учитывали, и внести дополнения и поправки».

⁷ Э. Мах: «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 это движение принесет еще богатейшие плоды».

⁸ Эйнштейн А. Эрнст Мах // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 29, 31.

⁹ Мах Э. Познание и заблуждение. М.: БИНОМ (Лаборатория знаний), 2003. С. 398.

Отмечались и другие идеи и заслуги Э. Маха, обусловившие дальнейшее развитие научной мысли.

Как нам рассказывали потом чехословацкие коллеги, публикация данной статьи очень помогла им при организации юбилея как в Праге, так и на родине Маха — в Брно.

П.3.2. Юбилейная конференция в Праге

Получив осенью 1987 г. официальное приглашение на международную конференцию, посвященную юбилею Э. Маха, я начал оформлять необходимые документы. Прежде всего, для загранпоездки нужна была письменная рекомендация кафедры. Как было тогда принято, я составил соответствующую бумагу и пошел за подписью к заведующему кафедрой профессору И. М. Тернову. Помня его высказывания по идеологическим вопросам, я с некоторой настороженностью положил перед ним проект рекомендации. Он быстро пробежал глазами по тексту и, не сказав ни слова, подписал его. Я обратил его внимание на то, что конференция посвящена юбилею Э. Маха. К моему удивлению, это не вызвало у него каких-либо возражений: «Знаете что, Юрий Сергеевич, между нами говоря, я всегда относился к Маху с большим уважением и поддерживаю Вашу поездку на эту конференцию». В дальнейшем на факультете, собирая многочисленные визы и подписи на выездных бумагах, я уже со спортивным интересом смотрел на каждого подписывающего бумаги. Но к чести нашего факультета должен сказать, что все ставили свою подпись без каких-либо замечаний и комментариев.

Международная конференция «Эрнст Мах и развитие физики» состоялась с 14 по 16 сентября 1988 г. в Праге в Карловом университете, где около

249



В зале заседаний юбилейной конференции в Праге, посвященной 150-летию со дня рождения Э. Маха. Слева сидит профессор Э. Шмутцер (ГДР), а справа — профессор Вл. П. Визгин (СССР)



В зале заседаний юбилейной конференции в Праге, посвященной 150-летию со дня рождения Э. Маха

250 30 лет проработал Э. Мах. Конференция прошла на высоком уровне¹⁰. В ней приняли участие многие известные физики и историки физики из Германии, Англии, США, Японии и других стран мира. От СССР были В. П. Визгин и я с докладом «Э. Мах и многомерные теории физических взаимодействий». По окончании конференции был устроен торжественный прием в кабинете ректора. Получив слово, наряду с другими зарубежными участниками, я сказал: «Мне хотелось бы напомнить, что по ряду известных причин многие идеи Маха у нас в стране оказались исключенными из обсуждения научной общественностью. Я испытываю ощущение неловкости и стыда за то, что было написано в свое время у нас о Махе. Но от своих учителей, настоящих ученых физиков-теоретиков, я никогда не слышал ничего подобного. Наоборот, они относились с большим уважением к научному наследию Эрнста Маха как физика и естествоиспытателя». Потом я рассказал о том, как отмечался 150-летний юбилей Маха в СССР. Закончил свое выступление словами: «Хотел бы еще раз подчеркнуть, что все сказанное тесно связано с процессами перестройки в нашей стране, в результате которой занимают свои заслуженные места в общественном сознании истинные достижения мировой культуры». Затем я поблагодарил за приглашение принять участие в работе конференции, посвященной юбилею великого физика и естествоиспытателя Эрнста Маха.

После выступления ко мне стали подходить коллеги из Чехословакии, ГДР и других стран, в том числе Барбор из Англии (он прекрасно знает русский язык), благодарили и говорили, что я хорошо выступил.

¹⁰ См. сборник трудов этой конференции: Conference papers «Ernst Mach and the Development of Physics». Prague, Universitas Carolina Pragensis. 1991.

На следующий год (1989) труды юбилейной конференции со всеми нашими докладами, включая выступления на ректорском приеме, были опубликованы.

По окончании конференции Ян Хорски пригласил меня к себе в гости в Брно. Там я выступил на физическом факультете университета в Брно. Чехословацкие коллеги свозили меня еще раз к дому, где родился Эрнст Мах, и с гордостью показали установленную на доме мемориальную доску. По дороге они рассказали, как в Брно проходили торжества по случаю юбилея Маха. Доцент Черногорский, возглавивший организацию установки мемориальной доски на доме Маха, сказал, что им очень помогла в этом деле наша статья о Махе в чехословацком журнале. Они сделали с нее копии и показывали в различных инстанциях как доказательство отношения к Маху в СССР.

Оказалось, что после нашего прошлого посещения дома Маха в Брно вернулась целая эпопея по розыску мемориальной доски. Были привлечены местные физики, историки и студенты. Работы велись широким фронтом — от опросов населения и изучения архивов до раскопок. По ходу дела выяснилась история этой доски. Первая бронзовая доска с портретом Маха была установлена на стене его дома в 1938 г. к столетию со дня его рождения. На доске было написано (слева от портрета по-чешски, а справа — по-немецки): «В этом доме родился Эрнст Мах — великий естествоиспытатель и философ». Под портретом были приведены даты жизни: 18.II.1838—19.II.1916. Во время немецкой оккупации выяснилось, что Мах оказался неудобным фашистскому режиму. В 1942 г. немцы доску сняли. После окончания войны доска была найдена и возвращена на стену дома, но вскоре была опять снята уже представителями новой власти социалистической Чехословакии. Мах оказался неудобен и прокоммунистическому режиму. По воспоминаниям местных жителей, она некоторое время валялась в куче мусора в подвале соседнего дома, а потом исчезла.

В преддверии 150-летнего юбилея группа энтузиастов организовала поиски мемориальной доски Маха. Доцент Черногорски даже сделал фотографии студентов во время раскопок во дворе соседнего дома. Но все было тщетно.



Новая мемориальная доска на доме Э. Маха в Брно, изготовленная в 1988 г. к 150-летию со дня рождения Маха

Старую доску найти не удалось. Высказывалась версия, что бронза понадобилась для отливки другой доски, кажется, ветеранов войны (или труда). Нам даже показывали какую-то доску, установленную в 50-х годах. В итоге была сделана новая памятная доска, скромнее старой. На ней было написано по чешски: «В этом доме родился Эрнст Мах, физик и философ. 18.2.1938–19.2.1916. От математиков и физиков. 1988». Были проведены торжественные мероприятия по случаю открытия памятной доски. Перед домом Маха местным жителям подробно рассказали о жизни и деятельности Э. Маха. Здесь же устроили выставку физических приборов, сделанных руками Маха. В присутствии именитых гостей при стечении народа мемориальная доска была открыта.

П.4. Семинар памяти Э. Маха в МГУ

Во второй половине 80-х годов при встрече в стенах физфака с Д. Д. Иваненко¹¹ у нас возникла идея провести совместный семинар, посвященный 150-летию Э. Маха. Постепенно вырисовался даже состав докладчиков. Юбилей приближался, — Мах родился 18 февраля 1838 г., — но дату семинара не удавалось согласовать с Дмитрием Дмитриевичем, который, как всегда, все формулировал в общих чертах и всячески тянул время, держа всех в напряжении. В этой ситуации на исходе января мы с Н. В. Мицкевичем и В. Н. Мельниковым решили собрать семинар 18 февраля. Во-первых, это была дата рождения Маха, во-вторых, это был четверг, когда традиционно проходят семинары Иваненко и наш. Затем я позвонил Дмитрию Дмитриевичу и сказал об этом предложении. Он пробовал ломаться, сохранять неопределенность, но в конце концов согласился. Мы вывесили в фойе физфака большое объявление о семинаре с указанием докладов:

- 1) Д. Д. Иваненко «Эрнст Мах и попытка создания единой теории»;
- 2) Н. В. Мицкевич «Жизнь и деятельность Э. Маха-естествоиспытателя»;
- 3) Ю. С. Владимиров «Эрнст Мах и развитие современной теоретической физики»;
- 4) В. Н. Мельников «Идеи Маха и обобщенные теории гравитации».

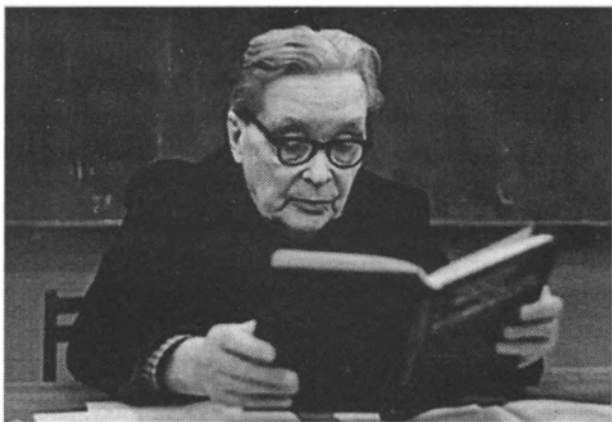
Неоднократно проходя по фойе, я видел, что люди с интересом читали наше объявление. А один из сотрудников нашей кафедры прямо сказал мне: «До чего вы докатились — коллективно стали выступать за Маха».

И вот наступил четверг 18 февраля 1988 г. К началу семинара аудитория 4-58 была переполнена. Там, где обычно сидели по двое, умещалось 3–4 человека. Из соседних аудиторий принесли все стулья, но и этого не хватало. Некоторые стояли в дверях, у стены и в проходах. Я принес из дома портрет Маха, присланный Я. Хорски, и повесил посередине доски. Как мы договорились, открывая совместное заседание семинара «Геометрия и физика» и семинара Д. Д. Иваненко, я сказал, что сегодня исполняется 150 лет со дня рождения *великого* физика и естествоиспытателя Эрнста Маха и что мы считаем своим долгом отметить эту дату.

¹¹ К этому времени у нас с Д. Д. Иваненко отношения были нормализованы.

П.4.1. Выступление Д. Д. Иваненко

Свой доклад Дмитрий Дмитриевич Иваненко сделал, сидя за столом и разложив перед собой кучу книг. Зная о его выступлениях на методологических семинарах 50-х годов, мне было любопытно услышать, что он скажет в конце 80-х. Поэтому я старался как можно точнее законспектировать его выступление: «Имя Маха известно как имя физика и как имя философа-идеалиста, подвергнувшегося известной критике. Я сегодня этого касаться не буду. Наши сегодняшние доклады мало согласованы по техническим причинам...» Далее Иваненко напомнил годы жизни Э. Маха, сказал, что около 30 лет он работал в немецкой части Пражского университета. «Мах и Эйнштейн один раз встретились в Праге, затем между ними была переписка. Они произвели друг на друга сильное впечатление. По внешнему виду Мах напоминал старого славянского учителя. Известно, что Гернек много занимался Махом. Гернек нашел письмо Эйнштейна, где он подписался: „Ваш ученик, Эйнштейн“. Известно также, что Эйнштейн мало кого цитировал. То, что он назвал себя учеником Маха, очень характерно. Больше он никого не называл своими учителями. Эйнштейн написал некролог о Махе. Неоднократно он писал, что следует идеям Маха».



Выступление Д. Д. Иваненко на объединенном семинаре в МГУ, посвященном 150-летию со дня рождения Э. Маха. Фото автора

253

Затем Д. Д. Иваненко напомнил, что в начале Первой Мировой войны в 1914 г. в Европе поднялась шовинистическая волна. «93 немецких ученых подписали обращение к ученым всего мира и ко всему человечеству. В обращении говорилось о реакционности русского правительства и утверждалось, что Германия ведет справедливую войну. Из известных немецких ученых обращение не подписали Эйнштейн и академик Николаи. Мах тоже не подписал обращение. Эйнштейн это очень ценил. Мах осуждал позицию социал-демократии. Он осуждал бушевавшую войну...»

Далее Иваненко сказал: «Что для нас представляет Мах? Во-первых, Мах — физик и философ-идеалист, позитивист, раскритикованный Лениным. Мах близок к Авенариусу, возвеличивал чистый опыт. Мах известен как идеа-

лист. Спросите любого на улице, — все это знают. Борьба политических течений была перенесена и на научную почву. Ленин резко выступал против Маха.

Что такое Мах, во-вторых? Это крупный физик-экспериментатор... Не первой величины... С именем Маха связываются ударные волны, скорость звука. В дореволюционном справочнике Мах значился как физик... Космонавты говорят о скорости: два маха, три маха... Основные результаты Мах получил, работая в Праге. В книге на английском языке „Физики в Праге“ перечисляется, кто работал в Праге: Тихо Браге, Кеплер, Доплер, Мах, Эйнштейн и т. д. Вообще же, Мах был похож на школьного учителя. Мах — славянская фамилия. Мах продолжал работы Пуркине — основателя физиологии, занимавшегося чувствительностью глаза. Замечу, Пуркине, в свою очередь, считал своим предшественником Гёте. Кстати, Гёте был не только поэтом, но и ученым. Он интересовался оптикой, возражал Ньютону, правда, нелепо. Написал две книги против Ньютона. Сам Гёте говорил, что его литературные труды забудутся, а его труды по новому пониманию света и цвета останутся навсегда. Но Мах был физиком... Когда Черенков заметил свое свечение, Вавилов сразу понял, что это не люминесценция. Обратились к Мандельштаму. Тот вспомнил работы Маха об ударных волнах (быстрее звука) и сказал, что у Вас что-то аналогичное. Это очень помогло.

Третье в деятельности Маха — и это самое главное для нас, это важно для нашей аудитории — Мах сыграл важную роль в понимании гравитации. Здесь он занимает важное место в истории. Можно сказать, Мах гравитационист! Скажу несколько слов о Махе, как гравитационисте. Во второй половине XIX века Мах написал книгу „Механика“, где рассмотрел историю развития механики. У него есть еще книги по истории теплоты, по оптике, но они менее известны. „Механика“ же вошла в историю науки. В этой книге Мах пересмотрел начала механики. Мах находится посередине между Ньютоном, 300 лет „Начал“ которого мы только что отмечали, и нами. Так вот, он решил заново продумать основы механики. Он рассматривал систему мира в целом. Мах решил заново продумать такие понятия, как инерция, гравитационная и инертная массы, пространство, движение, время и т. д. И настолько сильно и мужественно продумал эти понятия, произвел их глубокий анализ! При этом, невзирая на авторитет Ньютона и его механику! Это было сделано очень сильно. Нужно было бы сейчас аналогичным образом продумать основы квантовой механики. Найдется ли кто сейчас это сделать!? Дирак приближался к этому... Эта работа Маха произвела на всех большое впечатление. Его стали критиковать, обсуждать... Мах Мыслитель! Он выдвинул положение: инерция индуцируется, зависит от других масс. По этому положению было много возражений...

Мах утверждал, что пространство не первично и не абсолютно. Здесь Мах не был первым. Ранее это было у Лейбница и Беркли. Он считал, что механика должна быть релятивной, то есть относительной, в том смысле, что движение одного тела имеет смысл относительно других тел. Это не специальная теория относительности. Нет! Движение лишь одного тела невозможно. Мах подхватил возражения Лейбница и Беркли против абсолютного пространства Ньютона. Сейчас эти идеи развивает ряд физиков: Бертоtti, Барбур, Тредер и другие. Они решили попробовать построить новую теорию. Кроме общих разговоров нужно предложить что-то реальное, новое. Сейчас построена но-

вая механика Барбора и других — пока нерелятивистская. Сейчас пытаются ее релятивизировать. Взгляды Маха очень естественны. Любому нефизiku также непонятно, как может двигаться только одно тело.

Идеология Маха произвела очень большое впечатление. Он предлагал отбросить принципиально ненаблюдаемые понятия. В этом смысле квантовая механика — продолжение его идей. Следуя этой своей линии, Мах дошел до отрицания атомов.

Эйнштейн писал о влиянии на него идей Маха. Именно Эйнштейн ввел термин „принцип Маха“. Он считал, что нужно строить такую теорию гравитации, где масса определяется другими телами. Эйнштейн увлекся этой задачей. Создав общую теорию относительности, он считал, что построил именно махианскую теорию. Он считал, что выполнил заветы Маха. Но потом оказалось, что это не так. ОТО оказалась не махианской. Математика повела в сторону.

Встал вопрос: как же быть с Махом и его идеями? Считать, что идеи Маха сыграли вспомогательную, историческую роль? Как же обстоит дело на сегодняшний день? ОТО сейчас разработанная теория. Она предсказывает новые эффекты. Как же быть с Махом? Сказать, что он ошибался? Все оказалось много сложнее. Если посмотреть современную литературу, то можно увидеть массу ссылок на Маха. Продолжаются дискуссии. Если в идеях нет смысла, то их авторы обычно забываются. Здесь же дело обстоит иначе. Факт налицо: идеи Маха об относительности движения, неабсолютности пространства являются вполне современными. Вопрос об инерции также обсуждается. Есть махианские и немахианские решения уравнений ОТО».

Далее Иваненко вспомнил о Дж. Уилере и о его взглядах, в частности, сказал о понимании Уилером принципа Маха как граничных условий при решении уравнений Эйнштейна.

«Мах-философ, физик-гравитационист. Вопрос о справедливости его идей спорный, но обсуждается до сих пор. И в этом идеи Маха важны и существенны.

Что думают о Махе в моей группе? На стороне мы можем говорить одно, а в своей группе — другое. Что же мы на самом деле думаем? Кое-что об этом я уже писал (в книге „Гравитация“ и в др.). Мах не просто продвинул вопрос об инерции, и его идеи сыграли свою роль. Идеи Маха нужно расширить. Не только инерция, но и другие свойства тел: квантовые, цвет, красота и т. д., — тоже должны быть связаны с космологическими свойствами. Мы выдвигаем тезис универсальной махизации в физике. Это в духе единой теории... Могут быть другие вселенные. Вселенная имеет ось вращения, она расширяется. Имеются определенные асимметрии, в том числе космологические. Это несомненно сказывается на вакууме. Мы думаем, что возможна универсальная космологизация или, точнее, махизация. Для построения единой теории нужно связать элементарные частицы с космологией. Мы, наша группа, являемся умеренными махианцами».

На этом Д. Д. Иваненко кончил. Его выступление заняло примерно полтора часа. Говорил он негромко, местами повторяясь. Сначала его голос был совершенно глухим, старческим, но постепенно он разговорился. Мы увидели почти прежнего Иваненко. Его выступления обычно были пространными, но в них всегда бывало нечто большее простого многословия. Всегда у него присутствовали элементы некой тактики, некой борьбы с кем-то. Чувствовалось это и на этот раз. Он, несомненно, знал, что за его выступлением должны

следовать еще три, что возможности семинара и присутствующих воспринимать выступавших не безграничны, но он себя не сдерживал, говорил и говорил. Но мы тогда не чувствовали на него обиду. Нам было интересно услышать, что он скажет на этот раз. Кроме того, мы уже отвыкли от его речей, а изредко послушать его совсем не вредно, да и говорил он вполне разумные вещи. Под подавляющем числом его высказываний я бы с удовольствием подписался.

П.4.2. Выступление профессора Н. В. Мицкевича

После Иваненко выступил Н. В. Мицкевич, говоривший около получаса. В своем докладе он опирался на статью Гернека о Махе, недавно присланную Э. Шмутцером, и на книгу Г. Вольтерса «Мах I, Мах II, Эйнштейн и релятивистская теория».

Сначала он охарактеризовал личность Э. Маха, отметив, что он был замкнутым и меланхоличным ребенком, что его первый сын, унаследовавший эти качества, закончил жизнь самоубийством. Э. Мах за это винил себя, но в последующей жизни был оптимистом. «Эрнст Мах разделял четкие демократические убеждения и был чужд немецкого филистерского чванства. Невеселый опыт учебы в монастырских школах сделал его убежденным врагом всякого клерикализма и религии. Когда, уже после его выхода на пенсию, в Австрии развернулось движение за организацию „свободного католического университета“ Мах в 1902 г. открыто выступил против него. Он защищал выдающегося биолога атеиста Э. Геккеля от ожесточенных нападок со стороны церковной реакции. Известны связи Маха с австрийской социал-демократией



На объединенном семинаре физфака МГУ, посвященном 150-летию Эрнста Маха. Фото автора

и его активная поддержка рабочего движения, вопреки осуждающему отношению со стороны остальных профессоров Венского университета»¹².

Особо Мицкевич остановился на отношении Э. Маха к теории относительности. В печати часто упоминались критические высказывания Э. Маха по отношению к теории относительности, однако они брались, в основном, из материалов, изданных после смерти Э. Маха. Оказывается, согласно исследованиям Г. Вольтерса, эти высказывания Э. Маха были фальсифицированы его сыном Людвигом Махом (Махом II), который считал себя наследником отца не только материально и юридически, но и идейно. Л. Мах был любителем в физике и боролся с теорией относительности. Он дожил до 60-х годов XX века. Вольтерс показал в своей книге, что на самом деле Э. Мах положительно и даже доброжелательно относился к идеям теории относительности. Он читал работу А. Эйнштейна и М. Гроссмана 1913 г.

Далее Мицкевич напомнил слова Эйнштейна: «Мах ясно понимал слабые стороны классической механики и был недалек от того, чтобы прийти к общей теории относительности» и сосредоточился на вопросе, как понимать эти слова Эйнштейна. «Как же могло случиться, что к этой самой современной (в том числе и в математическом отношении) физической теории, которую, оказывается, неспособны понять и оценить даже иные серьезные физики-теоретики, начиная со времени ее создания и до наших дней, чуть-чуть не пришел Эрнст Мах, совсем не физик-теоретик в таком рафинированном смысле слова?! И в каком же смысле он был „недалек от того, чтобы прийти“?»¹³. Мах не был физиком-теоретиком в современном понимании, поскольку он в своей деятельности не использовал мощные математические методы, необходимые для создания ОТО.

257

«В наибольшей степени современная фундаментальная физика, вероятно, обязана Маху созданием атмосферы поиска новых путей и критикой принятых аксиом и понятий». «Он оказался между двумя эпохами, сам он новой эпохи не создал и едва ли даже дал кому-либо решающий толчок в создании этой новой эпохи. Однако Мах много сделал для создания новой атмосферы поиска и критического анализа старых понятий в физике. Такая деятельность и особенно ее успех просто невозможны без высокого профессионализма, богатого интеллекта и отсутствия конформизма у ученого.

Широко известны критические высказывания и анализ Маха в области основных понятий классической механики. В этом анализе отразилось отрицательное отношение Маха к научной догме (такое отношение иногда перерастало в предвзятый подход к абсолютным понятиям просто из-за эпитета „абсолютный“, например, к абсолютному смыслу скорости света в теории относительности; однако кто из нас не грешил такого рода „фобиями“?). Во всяком случае, критика Махом абсолютных времени и пространства в механике Ньютона оказалась плодотворной и почти что конструктивной»¹⁴.

Продолжая эту мысль, Мицкевич писал: «Эрнст Мах „опоздал“ к эпохе старой, классической физики. Конечно, многие из активных участников ее

¹² Мицкевич Н. В. Судьба на грани эпох. Эрнст Мах — человек и естествоиспытатель // Исследования по истории физики и механики. 1993–1994. М.: Наука, 1997. С. 5.

¹³ Там же.

¹⁴ Там же. С. 10.

завершения были даже моложе его, например Г. Герц, родившийся девятнадцатью годами позже. Однако здесь следует принимать во внимание специфику темпераментов и, вероятно, многие другие факторы — ведь каждый большой исследователь неповторим. С другой стороны, Эрнст Мах родился „слишком рано“ по отношению к эпохе новой физики. Здесь опять сказанное следует понимать условно, однако он был заметно старше и Лоренца, и Планка, не говоря уже об Эйнштейне и Боре. Судьба Маха — это трудная и горькая судьба человека с обостренным чувством ответственности, который не ограничивался только развитием старой науки, но и готовил (единственный из физиков этого поколения) психологию исследователей к грядущим коренным переменам. Его цельность и порядочность как ученого и человека несправедливо и безосновательно оспаривалась¹⁵. Здесь, Мицкевич, несомненно, в первую очередь имел в виду критику Маха со стороны В. И. Ленина и приверженцев марксистско-ленинской идеологии.

П.4.3. Выступления других участников семинара

После 15-минутного перерыва было мое выступление, длившееся примерно полчаса, в котором я опирался на материалы нашей совместной с Я. Хорски, Ф. И. Федоровым и Н. В. Мицкевичем статьи, точнее, на написанную мною часть.

Я был согласен с предыдущими докладчиками, говорившими о важности критического анализа Маха в становлении геометрической парадигмы, начало которой положила общая теория относительности, и теоретико-полевой парадигмы, в основе которой лежала квантовая механика. Мах сыграл важную роль в осуществлении перехода от ньютоновской триалистической парадигмы, опирающейся на три физические категории, к дуалистическим парадигмам, основанным на двух обобщенных физических категориях.

Однако в XX веке оказались представленными не две, а три дуалистические парадигмы. На мой взгляд, самое главное в научном наследии Э. Маха состояло в том, что он фактически призывал к развитию физики в рамках третьей дуалистической парадигмы — реляционной. Именно на это был нацелен критический анализ абсолютных пространства, времени и других ключевых понятий физики, опирающейся на субстанциальный подход к природе пространства-времени и на концепцию близкодействия в физике. Если иметь это в виду, то окажется, что Мах, вслед за Лейбницем, намного опередил свое время. Еще и в наши дни, более ста лет спустя, современная фундаментальная теоретическая физика еще не созрела для перехода к реляционной парадигме.

Мне хотелось рассказать о посещении дома Маха, но надо было дать время для выступления Мельникова, поэтому я решил ограничиться лишь научной частью. Несмотря на то что семинар уже продолжался около 3 часов и фактически превратился в конференцию, в душевной, переполненной аудитории все с большим вниманием слушали выступавших. После каждого доклада были аплодисменты.

Последнее выступление В. Н. Мельникова было посвящено вопросам связи скалярно-тензорных теорий гравитации с идеями Маха. Говорил он довольно монотонно. Мне кажется, что этот материал можно было изложить

¹⁵ Мицкевич Н. В. // Исследования по истории физики и механики. 1993–1994. С. 15.



После юбилейного семинара. На снимке Н. В. Мицкевич,
Вл. П. Визгин, О. В. Кузнецова (жена Г. В. Рязанова)

более ярко. Основная мысль в его выступлении состояла в том, что являются перспективными исследования вопросов влияния космологии на значения фундаментальных физических констант.

В целом семинар прошел на высоком научном и эмоциональном уровне. Дмитрий Дмитриевич был в восторге. До конца жизни он каждый раз при встрече вспоминал о нем и говорил, что хорошо было бы опять собрать совместный семинар. Но конкретных предложений с его стороны не было, и вплотную мы занялись этим лишь 6 лет спустя в связи с 50-летним юбилеем его семинара теоретической физики и 90-летием со дня рождения Д. Д. Иваненко.

259

П.5. Конференция в Институте истории естествознания и техники АН СССР

Среди приглашенных на наш семинар был историк физики Вл. П. Визгин из Института истории естествознания и техники АН СССР. Оказывается, они тоже готовили юбилейную конференцию к годовщине Э. Маха и собирались ее провести в апреле этого года. Прослушав выступления, он пригласил нас с Н. В. Мицкевичем на их конференцию, которая состоялась 20–21 апреля 1988 г. в помещении Института истории естествознания и техники. Насколько я понял, историки физики не обеспечили достаточно широкого оповещения и на конференции присутствовало примерно человек 40, хотя зал вместил бы в два раза больше. Замечу, что у нас на семинаре участников было значительно больше. (В регистрационном листе расписалось около 80 человек.)

Конференцию открыл и председательствовал на первом заседании доктор философских наук Игорь Серафимович Алексеев. До этого я с ним не встречался, но слышал о нем много хорошего. Говорили, что он пользуется большим авторитетом у наших философов, называли даже философом номер один в области философии физики. К нашим философам я относился с некоторым

предубеждением, но в данном случае мои коллеги оказались правы. По образованию физик, А. С. Алексеев действительно оказался на высоте. Более того, я почувствовал в нем единомышленника по ряду кардинальных вопросов физического мироздания. Считаю, что знакомство с Игорем Серафимовичем стало для меня главным событием на этой конференции.

Алексеев открыл конференцию словами: «Наша конференция посвящена 150-летию со дня рождения Эрнста Маха, несправедливо обиженного критикой со стороны Владимира Ильича Ленина». Далее он установил жесткий регламент — по 20 минут на выступление и строго его выдерживал. Исключение было сделано лишь для моего доклада, на который он дал 40 минут. Доклады были довольно интересные. Выступили Н. В. Мицкевич, Вл. П. Визгин, Б. М. Болотовский («Эйнштейн и Мах»), Г. Е. Горелик, я и другие физики и философы.

П.5.1. Выступления участников конференции

Статьи по докладам, сделанным на конференции в 1988 г., были опубликованы в сборнике Института истории естествознания и техники АН СССР¹⁶ лишь в 1997 г. Пользуясь своими записями и текстом опубликованных статей, постараюсь изложить наиболее существенные высказывания о Э. Махе, которые остаются актуальными в наши дни.

В докладе философа А. А. Печенкина «Э. Мах и проблема обоснования научного знания» обращалось внимание на радикализм маховской концепции. Автор писал: «Думается, что историко-философским прототипом маховского радикализма служит установка на критический поиск предельных крайних оснований знания, выдвинутая на заре науки Нового времени философами-классиками — рационалистами (Р. Декартом и Г. Лейбницем) и эмпириками (Дж. Локком, Дж. Беркли, Д. Юмом)»¹⁷.

Расшифровывая эту мысль, Печенкин писал: «Исторический прецедент радикализма, сходного с маховским, можно усмотреть в декартовском универсальном сомнении, не останавливаемом ни перед одним привычным мнением и общепризнанным верованием... В менее радикальной форме принцип универсального сомнения был выражен в требовании достаточного обоснования, выдвинутом Г. Лейбницем, в требовании, предполагающем поиск доказательства для любого положения и определения для любого понятия. В лейбницевской философии также можно найти аналог маховских „элементов мира“. Это первые „истины разума“, суждения-тождества, не требующие доказательства ввиду очевидной невозможности противоположных им суждений»¹⁸.

Говоря о маховских элементах мира, автор отмечал: «В первую очередь Мах ориентировал „элементы мира“ против спекулятивной метафизики, понимаемой как продукт стремления к высшей интеграции знания, к созданию синтетических образов, выходящих за пределы опыта. „Элементы мира“, с его точки зрения, противостоят таким укоренившимся постулатам философии и здравого смысла, как овеществление пространства, субъективизация физических тел, причинность. Они оказываются продуктивны при критическом

¹⁶ Мицкевич Н. В. // Исследования по истории физики и механики. 1993–1994.

¹⁷ Там же. С. 17.

¹⁸ Там же. С. 18.

анализе фундаментальных понятий физики, позволяя отделить от физики плеве-ла метафизики — категории абсолютного пространства, абсолютного движения, меры количества материи и т. д. И, наконец, с не критической экстраполяцией классической механики на область немеханического естествознания»¹⁹.

Здесь следует сказать, во-первых, о специфическом понимании метафизики как чего-то мистического, с чем я не могу согласиться. Мне представляется, что следует делать упор на положительных чертах метафизики, таких, как метафизические законы, характер ключевых категорий, метафизические парадигмы и т. д. Во-вторых, нужно принять замечание об опасности некритической экстраполяции физической теории за пределы проверенной сферы ее применимости. Сейчас это вполне можно отнести к стремлению экстраполировать закономерности общей теории относительности на Вселенную в целом.

В докладе физика-гравитациониста Н. В. Мицкевича «Судьба на грани эпох. Эрнст Мах — человек и естествоиспытатель», наряду с материалом, изложенным на семинаре в МГУ, содержалось несколько чрезвычайно интересных соображений. Так, он обратил внимание на существенный, с точки зрения идей Маха, дефект общей теории относительности, проявляющийся в наиболее известных точных решениях уравнений Эйнштейна с островным распределением материи: в метриках Шварцшильда, Керра и других. Они основаны на предположении об отсутствии материи на далеких расстояниях и имеют смысл даже при исключении материи вообще, когда они превращаются в метрику Минковского. Эти вопросы актуальны в настоящее время в связи с обсуждением гипотезы черной материи, обусловленной тем, что для объяснения закономерностей вблизи галактик, не хватает наблюдаемого вещества ни с точки зрения теории Ньютона, ни эйнштейновской общей теории относительности.

Обсудив возможности исправления этого недостатка, Мицкевич сказал: «Как бы интересны ни были перечисленные подходы к реализации принципа Маха, все они страдают одним общим недостатком: их проведение не предполагает достаточно радикального отказа от старых концепций. Последние касаются, прежде всего, принятия римановой геометрии в качестве основы для описания пространства-времени в общей теории относительности. Тем самым мы постулируем, что локально в каждой регулярной точке пространства-времени существует касательное пространство Минковского, вместо того чтобы объяснить причины его возникновения. При последовательном проведении принципа Маха локальное пространство Минковского должно возникать как следствие существования материи, к чему теоретическая физика в ее современной форме совершенно не готова (по-видимому, даже по природе используемого ею аппарата)»²⁰.

Другая идея Мицкевича состояла в возможности перестройки теории пространства-времени на основе принципов термодинамики и статистической физики: «Представим себе, однако, следующий путь описания гравитации, резко отходящий от традиционного пути и приближающийся по духу к термодинамике — очень общему и плодотворному разделу физической теории. Ввиду предполагаемой общности и гибкости этого подхода в его рамках, возмож-

¹⁹ Мицкевич Н. В. // Исследования по истории физики и механики. 1993–1994. С. 17.

²⁰ Там же. С. 13.

но, удастся более полно реализовать принцип Маха»²¹. Здесь Мицкевич предлагает учесть идеи термодинамики черных дыр Хоукинга и некоторые другие.

Физик-теоретик Б. Л. Альтшулер, ранее сотрудничавший с академиком А. Д. Сахаровым, в своем докладе «Принцип Маха и современные представления о структуре вакуума»²² поставил цель показать, «что идеи Маха, принцип Маха это не только история науки, но и сама наука, актуальная сегодня». Он начал с того, что назвал две причины, по которым «идеи Маха о бессмысленности понятия пустого пространства не пользуются популярностью среди физиков». Первой является то, что «в ОТО принцип Маха не содержится, а метрика пространства-времени сама является динамическим полем, вообще говоря, равноправным с другими полями». Второй причиной является то, что «вакуум современной квантовой теории поля настолько сложный и содержательный объект, что представляется нелепым отрицать его существование».

Весьма примечательно, что Альтшулер при этом поставил вопрос: «Но, может быть, сложная структура вакуума находится во взаимно-однозначном соответствии с глобальной структурой Вселенной?»²³. Напомним, что аналогичную мысль высказывали и Хойл с Нарликаром. Это соответствует двум способам рассуждений в двух различных парадигмах: теоретико-полевой (наличие сложного вакуума) и реляционной (влияние глобальных свойств Вселенной, согласно принципу Маха).

Обсуждая возможности введения в теорию принципа Маха, Альтшулер писал: «Существуют два подхода к принципу Маха: в первом этот принцип рассматривается как правило отбора решений уравнений Эйнштейна, второй, так называемый динамический, который мне представляется более содержательным, гласит, что саму теорию гравитации надо изменить так, чтобы уравнения не имели немаховских решений». Отметим, что именно эту задачу ставили перед собой Ф. Хойл и Дж. Нарликар в серии своих работ.

В статье Альтшулера напомнились высказывания Гейзенберга в духе принципа Маха, сделанные в связи с известной асимметрией в мире между протонами и нейтронами. В калибровочной теории физических взаимодействий это принято объяснять спонтанным нарушением симметрии сильных взаимодействий в изотопическом пространстве. Гейзенберг же выразил мысль: «Свойства частиц не могут быть полностью независимы от макроскопической структуры Вселенной. Действительно, число протонов во Вселенной сильно отличается от числа нейтронов, следовательно, реальный мир не инвариантен относительно вращений изопространства... Это основное состояние не может быть обозначено просто как вакуум. Это основное состояние как раз не вакуум, а скорее мир»²⁴.

В тексте статьи Альтшулера намечен ряд путей введения в основание теории принципа Маха. Обсуждены возможности это сделать и в рамках калибровочной теории поля, и в геометрических моделях типа многомерной теории Калуцы.

²¹ Мицкевич Н. В. // Исследования по истории физики и механики. 1993–1994. С. 13–14.

²² Там же. С. 54–67.

²³ Там же. С. 54.

²⁴ Цит. по: Альтшулер Б. Л. Принцип Маха и современные представления о структуре вакуума // Исследования по истории физики и механики. 1993–1994. М.: Наука, 1997. С. 56.

Особое внимание уделено было высказываниям Маха о том, что принципы существующей теории, возможно, неприменимы как в больших, так и в очень малых масштабах. Как известно, это неоднократно подтверждалось в развитии физики в XX веке.

Аналогичной теме было посвящено выступление физика-теоретика Р. Ф. Полищука «Принцип Маха в общей теории относительности». Однако, как мне представляется, этот докладчик слишком узко и однобоко подошел к данной проблеме, утверждая, что «принцип Маха в общей теории относительности представлен в виде проблемы начальных данных, в которых эволюция системы закодирована в значении систем физических полей и их импульсов на начальной пространственной гиперповерхности или на световом конусе»²⁵.

Кроме того, вопреки уже установленным историками данным, о которых говорили в своих выступлениях Н. В. Мицкевич, Вл. П. Визгин и другие, Полищук утверждал, что «Мах не поднялся до принятия специальной и общей теории относительности».

Интересным и насыщенным малоизвестными фактами из истории физики было выступление Г. Е. Горелика «Эрнст Мах и проблема размерности пространства», который, как и я, был выходцем из группы профессора Д. Д. Иваненко, где неоднократно обсуждались проблемы размерности пространства-времени. На семинарах Иваненко зародился его интерес к этой проблеме и в начале 80-х годов он даже написал полупопулярную книгу на эту тему²⁶. К моменту выхода сборника Горелик сосредоточился на истории физики.

В своем докладе он рассказал о предшественниках Маха и его идей как по проблеме размерности пространства, так и по реляционному подходу к природе пространства и времени. В частности, таковым был Б. Больцано (1781–1848 гг.), который ввел реляционный способ определения размерности r через расстояния (отношения) между $r + 1$ точками. Впоследствии эта идея была развита в работах Ю. И. Кулакова по теории физических структур.

Другим предшественником Маха был психолог И. Ф. Гербарт (1776–1841 гг.), написавший в 1824 г. книгу «Психология как наука, вновь обоснованная на опыте, метафизике и математике». Как писал в своей статье Горелик, «значительное внимание Гербарт уделял понятиям пространства и времени. Для его взглядов в целом характерно лейбницевское понимание пространства и времени как отношения тел и явлений и, соответственно, неприятие учения (зрелого) Канта об априорно заданных и логически единственно возможных формах пространства и времени»²⁷.

В статье Горелика также обращено внимание на «философскую близость взглядов Маха и Пуанкаре», причем это касается как реляционного подхода к природе пространства и времени, так и проблемы размерности. Широко известны работы Пуанкаре по топологическому определению размерности.

²⁵ Альтшулер Б. Л. // Исследования по истории физики и механики. 1993–1994. С. 68.

²⁶ Горелик Г. Е. Размерность пространства (историко-методологический анализ). М.: Изд-во МГУ, 1983.

²⁷ Горелик Г. Е. Эрнст Мах и проблема размерности пространства // Исследования по истории физики и механики. 1993–1994. М.: Наука, 1997. С. 82–83.

В докладе и в статье были приведены также более подробные высказывания Маха о размерности, о возможности многомерия в микромире и т. д.

В докладе Вл. П. Визгина была отмечена связь идеи Маха о том, что физических уравнений должно быть меньше числа неизвестных, со свойствами уравнений Эйнштейна, которых, как известно, на 4 единицы меньше 10 неизвестных компонент метрического тензора. Была показана история проб и сомнений Эйнштейна на пути от совместной статьи с М. Гроссманом 1913 г. до написания уравнений в самом конце 1915 г.

Что же касается моего доклада, то в нем я опять сосредоточился на сопоставлении имеющихся в современной теоретической физике парадигм и на роли Э. Маха в их становлении. Конечно, главное внимание было уделено реляционной парадигме, которая была названа маховской.

В других выступлениях авторы рассматривали деятельность Маха как физика-экспериментатора (С. Р. Филонович).

Таким образом, конференция, посвященная 150-летию юбилею Маха, фактически превратилась в конференцию по метафизическим проблемам современной физики.

П.5.2. Выступление философа И. С. Алексеева

Имея в виду идеологическую обстановку в стране (многолетнее бичевание махизма и набирающую силу горбачевскую перестройку), следует особо остановиться на выступлениях ведущего заседания философа Игоря Серафимовича Алексеева (1935–1988 гг.).

Закрывая первое заседание, И. С. Алексеев сказал: «С удовлетворением должен отметить доброжелательное отношение к Маху в выступлениях всех докладчиков. К сожалению, такое отношение к Маху ранее было заблокировано



Философ И. С. Алексеев.
Фото из семейного архива

известной книгой Ленина. При всем моем уважении к Владимиру Ильичу Ленину и его книге берусь утверждать и доказать, что критика Лениным Маха поверхностна. — он элементарно не понял Маха. Она была написана в пылу политической полемики. Противопоставление у Ленина материального и идеального сейчас безнадежно устарело. Он исходил из посылки, что третьего не дано. Это мы, философы в значительной степени помогли созданию застоя в нашем обществе. Всех нас многие годы учили видеть в Ленине Бога и относиться к его работам как к священному писанию. Однако даже в священном писании можно найти подтверждения чему угодно.

Любая критика у нас воспринимается до сих пор как ругань. Когда я говорю, что Ленин не понял Маха,

то это не ругань, а всего лишь констатация факта. Ленин не понял маховского понятия „ощущение“. И вообще, надо отдавать себе отчет, что Маркс, Энгельс, Ленин — не боги, а люди. Книга Ленина „Материализм и эмпириокритицизм“ — политический памфлет. Известно, пока Ленин и Богданов были вместе, Ленин не писал о философии. Когда же они разошлись, то Ленин ополчился не только на Богданова, но и на Маха, сторонником которого был Богданов.

Опасно считать, что истина только одна. Это так подается в газете „Правда“. Такое утверждение — основа монополии, но это очень опасно.

Алексееву стал возражать с ортодоксальных позиций историк физики Глебов, который вызвал его на диспут по книге В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм». И. С. Алексеев вызов принял. В целом, его полемические замечания и комментарии по ходу ведения конференции неизменно вызывали интерес аудитории.

Остановимся на кратком, но ярком выступлении Алексеева на тему «Был ли Мах философом?» и приведем следующий фрагмент из него: «Ленин считал, что всякая философия является методологией и обратно. А является ли только философия методологией? Доказана ли такая теорема единственности? Сейчас различаются несколько уровней методологии: общенаучный, частнонаучный, ситуативный и т. д. Имеется методология даже для решения частных прикладных задач. Так следует ли считать методологии всех этих уровней философией?» По мнению Алексеева, только самый высший уровень методологии относится к философии, а на этом уровне Мах не работал, справедливо претендуя лишь на методологию науки.

В 1988 г. подобные высказывания от «убежденного марксиста» были внове, но их справедливость не вызвала сомнений. В связи с этим мне хотелось бы привести несколько цитат:

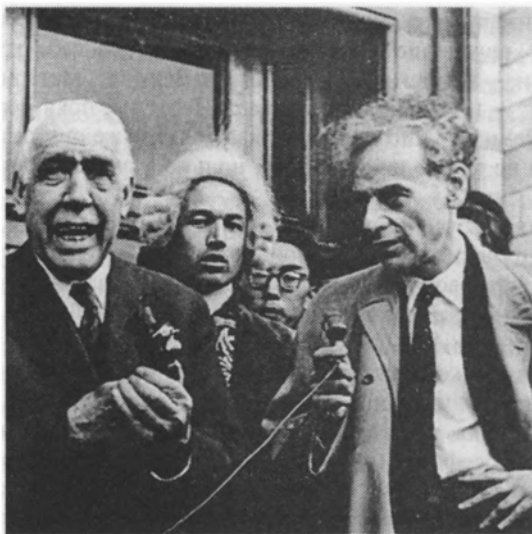
В. И. Ленин: «Философия естествоиспытателя Маха относится к естествознанию, как поцелуй христианина Иуды относился к Христу. Мах точно так же предает естествознание фидеизму, переходя по существу дела на сторону философского идеализма»²⁸.

А. Эйнштейн: «Философские исследования Маха были вызваны лишь желанием выработать точку зрения, позволяющую единым образом рассматривать различные области науки, которым он посвятил всю свою жизнь. Он считал, что все науки объединены стремлением к упорядочению элементарных единичных данных нашего опыта, названных им „ощущениями“. Этот термин, введенный трезвым и осторожным мыслителем, часто из-за недостаточного знакомства с его работами путают с терминологией философского идеализма и солипсизма»²⁹.

Э. Мах: «Я должен сказать вместе с Шuppe: область трансцендентного мне недоступна. Если я к тому же откровенно сознаюсь, что ее обитатели ни малейшим образом не возбуждают моей любознательности, то сейчас же станет ясной та широкая пропасть, которая существует между мной и многими философами. Я уже поэтому открыто заявлял, что я *вовсе не философ, а только естествоиспытатель*. Если меня тем не менее порой, и несколько

²⁸ Ленин В. И. Собр. соч. Т. 14. С. 333.

²⁹ Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 4. 1967. С. 32.



Будущий философ И. С. Алексеев в роли М. В. Ломоносова
позади Н. Бора и Л. Д. Ландау на празднике «Архимед»
на ступенях физического факультета МГУ (1961 г.)

266

шумно, причисляли к первым, то я за это не ответственен. Но я не желаю также, разумеется, быть таким естествоиспытателем, который слепо доверяется руководству одного какого-нибудь философа, как это требовал, например, от своего пациента врач в комедии Мольера»³⁰.

И. С. Алексеев вселял в меня глубокое уважение, и я видел в нем человека, который был нам очень нужен. После заседания я подошел к нему и подарил свою книгу «Размерность физического пространства-времени и объединение взаимодействий», сделал на титульном листе дарственную надпись. На следующий день он сказал, что просмотрел мою книгу и что она ему очень понравилась. Мы договорились о последующих контактах.

Это было в четверг, 21 апреля, а в субботу вечером Игорь Серафимович Алексеев скоропостижно скончался. В этот день у него в квартире собрались коллеги. Услышав звонок, он пошел открыть дверь, упал и скончался. (Говорили, что в тот день была сильная магнитная буря.) Мне было чрезвычайно больно услышать эту печальную новость. Наша наука потеряла талантливого философа физики. Уже позже, более обстоятельно познакомившись с его трудами, я понял, что судьба лишила меня возможности общения с умным и доброжелательным единомышленником по ряду кардинальных вопросов мироздания.

Оказалось, что мы виделись в коридорах физфака, когда он был еще студентом. На фотографиях, сделанных во время посещения Нильсом Бором праздника физиков «Архимед», Игорь Алексеев в парике и гриме М. В. Ломоносова стоит на ступеньках физфака рядом с Л. Д. Ландау и Н. Бором. Коллеги рассказывали, что эта встреча с великим физиком оставила в нем настолько

³⁰ Мах Э. Познание и заблуждение. М.: БИНОМ (Лаборатория знаний), 2003. С. 4.

глубокий след, что он всю свою жизнь посвятил анализу философских аспектов квантовой теории. И что самое важное, Алексеев, как и мы, связывал суть квантовомеханических закономерностей с изменением пространственно-временных представлений в микромире.

В своей статье «Пространство и квантовая механика» он писал: «Основная задача автора заключается в попытке показать, что пространственные понятия, фигурирующие в системе квантовой механики, гораздо разумнее считать относящимися только к макроуровню, интерпретируя их как характеристики событий обнаружения микрообъектов в макропространстве. Тенденция считать их характеристиками микрообъектов „как таковых“, т. е. в конечном счете характеристиками микропространства, почти беспредельно господствующая в настоящее время, на наш взгляд, представляет собой остатки непреодоленной инерции стиля мышления, свойственного классической физике, согласно которой микромир принципиально не отличается от макромира. Естественно, что отказ от использования категории пространства в качестве средства задания способа существования микрообъектов повлечет за собой весьма далеко идущие последствия в деле понимания философского статуса этой категории»³¹. Я готов подписаться под этими словами³². Жаль, что сторонников Алексеева, активно работающих в этом направлении, было тогда чрезвычайно мало.

* * *

Таким образом, намеченное к 150-летней годовщине со дня рождения Эрнста Маха на встрече с Э. Шмутцером и Я. Хорски в Брно было осуществлено.

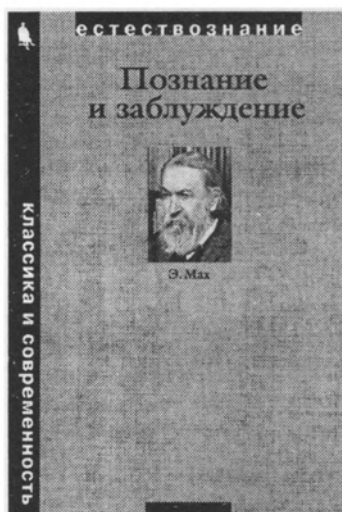
В 1988 году в Карловом университете (Прага), где около 30 лет работал Э. Мах, прошла юбилейная международная конференция, посвященная этой дате. Памятные мероприятия были проведены на родине Маха: в университете города Брно и непосредственно перед домом, в котором он родился. В СССР, где долгие годы имя Маха пытались всячески опорочить, а обвинения в махизме были чреваты самыми серьезными последствиями, в день его рождения на физическом факультете МГУ имени М. В. Ломоносова состоялось юбилейное заседание семинаров профессора Д. Д. Иваненко и секции гравитации НТС Минвуза СССР. Затем была проведена юбилейная конференция в Институте истории естествознания и техники (ИИЕТ) АН СССР. Насколько нам известно, аналогичные мероприятия были проведены также профессором Э. Шмутцером в ГДР.

К 150-летию Эрнста Маха в торжественной обстановке была открыта мемориальная доска на доме, где родился Э. Мах. Этому событию предшествовали настойчивые, но, к сожалению, безуспешные поиски старой доски, изготовленной в 1938 году к 100-летию юбилею Маха.

Были изданы труды Международной конференции в Праге, посвященной 150-летию юбилею Маха. Аналогичный сборник вышел также в Брно. Что же касается нашей страны, то труды Института истории естествознания и техники РАН с докладами о жизни и научной деятельности Маха, которые были прочи-

³¹ Алексеев И. С. Деятельностная концепция познания и реальности. Избранные труды по методологии физики. М.: Изд-во Руссо, 1995. С. 227–228.

³² Приведенная выше цитата взята из статьи И. С. Алексеева в сборнике его основных работ, подготовленном в память о своем отце кандидатом психологических наук К. И. Алексеевым.



Книга Э. Маха «Познание и заблуждение», переизданная в 2003 г. с предисловием редактора Ю. С. Владимирова

танные на юбилейной конференции в ИИЕТе АН СССР, увидели свет только в 1997 году. Задержка публикации была вызвана бурными событиями начала 90-х годов.

Наконец, уже в 2003 году, в издательстве БИНОМ (Лаборатория знаний) была выпущена книга Э. Маха «Познание и заблуждение», изъятая в советские годы из библиотечных фондов. Это издание было осуществлено с ксерокопии дореволюционного экземпляра книги, данной мне профессором А. Е. Левашевым во время нашей работы над юбилейным сборником к 100-летию А. Эйнштейна «Альберт Эйнштейн и теория гравитации».

Основная литература

- Альтшулер Б. Л.* Принцип Маха и современные представления о структуре вакуума // Исследования по истории физики и механики. 1993–1994. М.: Наука, 1997. С. 54–67.
- Блюменталь Л. М.* (Blumental L. M.). Theory and application of distance geometry. Oxford, 1953.
- Булюбаш Б. В.* Электродинамика дальнего действия // Физика XIX–XX вв. в общенаучном и социокультурном контекстах. (Физика XIX века). М.: Наука, 1965. С. 221–250.
- Визгин Вл. П.* Роль идей Э. Маха в генезисе общей теории относительности // Эйнштейновский сборник. 1986–1990. М.: Наука, 1990. С. 49–97.
- Визгин Вл. П.* Мах, Эйнштейн и проблема генезиса общековариантных уравнений гравитационного поля // Исследования по истории физики и механики. 1993–1994. М.: Наука, 1997. С. 47–53.
- Владимиров Ю. С., Гаврилов В. Р.* Некоторые приложения теории физических структур // Исследования по классической и квантовой теории гравитации. Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1985. С. 18–26.
- Владимиров Ю. С., Турыгин А. Ю.* Теория прямого межчастичного взаимодействия. М.: Энергоатомиздат, 1986.
- Владимиров Ю. С., Соловьев А. В.* Физическая структура ранга (4,4; 6) и трехкомпонентные спиноры // Вычислительные системы. № 135. Новосибирск: Изд-во Института математики СО АН СССР, 1990. С. 44–66.
- Владимиров Ю. С.* Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Часть I. Теория систем отношений. М.: Изд-во Московск. ун-та, 1996.
- Владимиров Ю. С.* Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Часть II. Теория физических взаимодействий. М.: Изд-во Московск. ун-та, 1998.
- Владимиров Ю. С.* Метафизика. (2-е издание). М.: Изд-во БИНОМ (Лаборатория знаний), 2009. 568 с.
- Владимиров Ю. С.* Основания физики. М.: Изд-во БИНОМ (Лаборатория знаний), 2008. 456 с.
- Владимиров Ю. С.* Между физикой и метафизикой. Книга 1. Диамату вопреки. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ»/URSS, 2010.
- Владимиров Ю. С.* Между физикой и метафизикой. Книга 2. По пути Клиффорда—Эйнштейна. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ»/URSS, 2011.
- Владимиров Ю. С.* Между физикой и метафизикой. Книга 3. Геометрическая парадигма: испытание временем. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ»/URSS, 2011.
- Вольтерс Г.* (G. Wolters) Mach I, Mach II, Einstein und die Relativitätstheorie: Eine Falschung und Folgen. B., N. Y.: De Gruyter. 1987.
- Гайденоко П. П.* История новоевропейской философии в ее связи с наукой. М.: Университетская книга, 2000; 3-е изд. М.: Книжный дом «Либроком»/URSS, 2011.
- Горелик Г. Е.* Эрнст Мах и проблема размерности пространства // Исследования по истории физики и механики. 1993–1994. М.: Наука, 1997. С. 79–85.
- Грановский Я. И., Пантюшин А. А.* К релятивистской теории тяготения // Изв. АН Каз. ССР, сер. физ.-мат., 1965. № 2. С. 65–69.
- Дэвис П.* (Davies P. C. W.) A quantum theory of Wheeler—Feynman electrodynamics // Proc. Cambridge Philos. Soc., 1970. Vol. 68. P. 751–764.

- Жданов В. И., Пирагас К. А. К проблеме двух тел в теории прямого гравитационного взаимодействия. I, II // *Acta Phys. Polonica*, 1972, Vol. B3. P. 585–619.
- Кулаков Ю. И. Элементы теории физических структур (Дополнение Г. Г. Михайличенко). Новосибирск: Изд-во Новосиб. ГУ, 1968.
- Кулаков Ю. И. О новом виде симметрии, лежащей в основании физических теорий феноменологического типа // *Доклады АН СССР*, 1971. Т. 201. № 3. С. 570–572.
- Кулаков Ю. И., Владимиров Ю. С., Карнаухов А. В. Введение в теорию физических структур и бинарную геометрофизику. М.: Изд-во Архимед, 1991.
- Кулаков Ю. И. Теория физических структур. М.: 2004, 847 с.
- Лев В. Х. Бинарная физическая структура ранга (3,3) // *Вычислительные системы*. № 101. Новосибирск: Изд-во Института математики СО АН СССР, 1984. С. 91–113.
- Лев В. Х. Двумерные и трехмерные геометрии в теории физических структур // *Вычислительные системы*. № 118. Новосибирск: Изд-во Института математики СО АН СССР, 1986. С. 28–36.
- Лев В. Х. Трехмерные геометрии в теории физических структур // *Вычислительные системы*. № 125. Новосибирск: Изд-во Института математики СО АН СССР, 1988. С. 90–103.
- Лейбниц Г. В. Переписка с Кларком // Г. В. Лейбниц. Сочинения: В 4 т. Т. 1. М.: Мысль, 1982. С. 430–528.
- Лейбниц Г. В. Монадология // Г. В. Лейбниц. Сочинения: В 4 т. Т. 1. М.: Мысль, 1982. С. 413–429.
- Мах Э. Познание и заблуждение. М.: Изд-во БИНОМ (Лаборатория знаний), 2003.
- Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития. Ижевск: Ижевск. республ. типогр., 2000.
- 270 Мах Э. Пространство и время I // *Новые идеи в математике*. № 2. СПб: Образование, 1913. С. 59–73.
- Михайличенко Г. Г. Решение функциональных уравнений в теории физических структур // *Доклады АН СССР*, 1972. Т. 206. № 5. С. 1056–1058.
- Михайличенко Г. Г. Математический аппарат теории физических структур. Горно-Алтайск: Изд-во Горно-Алтайского ун-та. 1997, 144 с.
- Михайличенко Г. Г. Полиметрические геометрии. Новосибирск: Изд-во Новосибирского ун-та. 2001, 144 с.
- Мицкевич Н. В. Судьба на грани эпох. Эрнст Мах — человек и естествоиспытатель // *Исследования по истории физики и механики*. 1993–1994. М.: Наука, 1997. С. 5–15.
- Нарликар Дж. В. (Narlikar J. V.) On the general correspondence between field theories and theories of direct interparticle action // *Proc. Cambridge Philos. Soc.*, 1968. Vol. 64. P. 1071–1079.
- Нарликар Дж. В. (Narlikar J. V.). Инерция и космология в теории относительности Эйнштейна // *Астрофизика, кванты и теория относительности*. М.: Мир, 1982. С. 498–534.
- Пантюшин А. А. Теория прямого гравитационного взаимодействия тел // *Гравитация и теория относительности*. 1969. Т. 6. С. 30–40.
- Пенроуз Р. (Penrose R.). Структура пространства-времени. М.: Мир, 1972.
- Пенроуз Р., Риндлер В. (Penrose R., Rindler V.) Спиноры и пространство-время. М.: Мир, 1987.
- Печенкин А. А. Э. Мах и проблема обоснования научного знания // *Исследования по истории физики и механики*. 1993–1994. М.: Наука, 1997. С. 16–23.
- Пирагас К. А., Жданов В. И., Александров А. Н., Кудря Ю. Н., Пирагас Л. Е. Качественные и аналитические методы в релятивистской динамике. М.: Энергоатомиздат, 1995.
- Пуанкаре А. О науке. М.: Наука, 1983.

- Рязанов Г. В. Путь к новым смыслам. М.: Гнозис, 1993.
- Соловьев А. В. К теории бинарных физических структур ранга (5,5; 6) и выше // Вычислительные системы. № 135. Новосибирск: Изд-во Института математики СО АН СССР, 1990. С. 67–77.
- Соловьев А. В., Владимиров Ю. С. (Solov'yov A. V., Vladimirov Yu. S.) Finslerian N-spinors: Algebra // International Journal of Theoretical Physics. 2001. Vol. 40. № 8. P. 1511–1523.
- Сонин А. С. Советские физико-философские дискуссии начала 30-х годов // Исследования по истории физики и механики. 2006. М.: Наука, 2007. С. 264–290.
- Твисторы и калибровочные поля. М.: Мир, 1983.
- Уилер Дж., Фейнман Р. (Wheeler J. A., Feynman R. P.) Interaction with the absorber as the mechanism of radiation // Rev. Mod. Phys., 1945. Vol. 17. P. 157–181.
- Уилер Дж., Фейнман Р. Classical electrodynamics in terms of direct interparticle action // Rev. Mod. Phys., 1949. Vol. 24. P. 425–433.
- Уилер Дж. Гравитация, нейтрино и Вселенная. М.: Изд-во ин. лит-ры, 1962.
- Федоров Ф. И., Хорски Я., Мицкевич Н. В., Владимиров Ю. С. (Fedorov F. I., Horsky J., Mickevic N. V., Vladimirov J. S.) 150 let narozeni Ernsta Macha. Pokroky matematiky, fysiky, astronomie. Praga, 1988 T. 33. No 1. S. 14–19.
- Фейнман Р. Пространственно-временной подход к нерелятивистской квантовой механике // Вопросы причинности в квантовой механике. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1955. С. 167–207.
- Фейнман Р. (Feynman R.) Разработка квантовой электродинамики в пространственно-временном аспекте (Нобелевская лекция) // Характер физических законов. М.: Мир. 1968. С. 193–231.
- Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 3 (Излучение, волны, кванты). М.: Мир, 1965; 7-е изд. М.: Книжный дом «Либроком»/URSS, 2012.
- Фишер К. Лейбниц, его жизнь, сочинения и учение. СПб.: Издание Д. Е. Жуковского, 1905.
- Фоккер А. Д. (Fokker A. D.) Ein invarianter Variationssatz fur die Bewegung mehrerer elektrischer Massenteilchen // Z. Phys., 1929, Bd. 58. S. 386–393.
- Френкель Я. И. // Природа электрического тока (Беседы-диспут в Ленинградском политехническом институте). М.-Л.: Изд-во Всесоюзн. электротехн. общ-ва, 1930.
- Френкель Я. И. Мистика мирового эфира // Я. И. Френкель. На заре новой физики. Л.: Наука, 1970.
- Френкель Я. И. Принцип причинности и полевая теория материи // Вопросы теоретической физики. СПб.: ПИЯФ, 1994. С. 132–154.
- Хойл Ф., Нарликар Дж. (Hoyle F, Narlikar J. V.). Action at a distance in physics and cosmology. San Francisco: W. N. Freeman and Comp., 1974.
- Эйнштейн А. Эфир и теория относительности // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. I. М.: Наука, 1965. С. 682–689.
- Эйнштейн А. Относительность и проблема пространства // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. II. М.: Наука, 1966. С. 744–759.
- Эйнштейн А. Проблема пространства, эфира и поля в физике // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. II. М.: Наука, 1966. С. 275–282.
- Эйнштейн А. Эрнст Мах // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. IV. М.: Наука, 1967. С. 27–32.