

Метатеоретический анализ оснований научного знания

Содержание

	Стр.
Предисловие	115–130
Часть I	
Структура научного знания. Основания математики	
Шкала Вселенной и иерархия научного знания	11
Обобщение понятия числа	12
Метаматематика	12
Часть II	
Основания физической теории	
Связь между физической теорией и философией	37
Фундаментальная физическая теория	44
Физические величины и математический аппарат	48
Физическая математика. О критерии математической красоты	49
Физические величины и математический аппарат (продолжение)	51
Часть III	
Исследования по основаниям науки	
Карл Поппер о демаркации научного знания	70
Смена научных теорий по Томасу Куну	79
«Утончённый фальсификационизм» и развитие науки по Имре Лакатосу	86
Анархистская философия науки Пола Фейерабенда	96
Некоторые замечания о постпозитивистской философии науки	98
Реализм Эвандро Агацци	102
Исследования других авторов	110
Заключение	115–130
Литература	115–130

Предисловие

Человек разумный (*homo sapiens*) всегда задавался вопросами, на которые нет однозначных ответов. Каков окружающий нас мир, что лежит в его основе, кто им управляет, возник ли он по естественным причинам или в соответствии с божественным замыслом? Существует ли высший разум, сверхъестественное начало, бог, творец, демиург? Кто мы сами, откуда взялись, куда идём, каков смысл нашего существования? Одиноки ли мы во Вселенной, или же есть и другие разумные существа, для которых мы, возможно, всего лишь ничтожные твари на второстепенной планете? Ответы на подобные вопросы, какими бы спорными и неубедительными они ни были, могут быть получены только путём рефлексии над повседневным эмпирическим опытом, как результат умозрения, полёта творческой фантазии, теоретического осмысления существующих реалий.

Постановка и решение мировоззренческих вопросов, затрагивающих глубинную основу нашего бытия, производится посредством целостных представлений об окружающем мире, универсальных мифологических, религиозных философских или научных моделей, призванных объяснить всё и вся в доступной обозрению области. Такой подход присущ мыслителям разных эпох и стран, но особенно характерен для золотого века античной греческой цивилизации. Рассуждая, например, о платоновской теории эйдосов, учении о бессмертии души, натурфилософии, космологии, математике, политике, этике, эстетике и т. д., следует ясно отдавать себе отчёт в том, что в мировосприятии Платона это не изолированные области исследования и умозрения, а существующие в органической связи части единого целого. В наши дни нелегко уловить связь, допустим, между математикой и учением о бессмертии души, укладываемых в шкатулку одной концепции, поскольку научным прогрессом мышление современного человека изгнано из мировоззренческого «рая», где каждая область знания существовала не сама по себе, не как самостоятельная дисциплина, а как органически вписываемый в общую картину мира элемент всеединой системы.

Сказанное о целостном восприятии мира и системном единстве познания, естественно, относится и к другим мыслителями эпохи расцвета греческой цивилизации, начиная, вероятно, с Фалеса, но особенно Пифагора и пифагорейцев, оказавших немалое влияние на Платона и последующее развитие научного знания. Пифагорейцы больше известны как математики, занимавшиеся исследованиями в области арифметики и геометрии, однако такое понимание является неполным и односторонним. В современных понятиях основанный Пифагором в Великой Греции (Южная Италия) союз был одновременно философским орденом, религиозной общиной мистического толка со своим учением, обрядами и моральным кодексом, математической ассоциацией со склонностью к числовой магии, научным сообществом космологов и астрономов, политической партией, выражающей преимущественно интересы греческой аристократии, музыкальной школой с явно выраженным теоретическим уклоном, наконец, замкнутым элитарным клубом античных интеллектуалов. И всё это, как говорится, в одном флаконе.

С высоты наших знаний и свойственного некоторым современным авторам высокомерно-скептического отношения к достижениям древнего мира подобное единство представляется сегодня как показатель неразвитости знания, находящегося в начальной стадии своего становления. Неверие в возможности древних приводят к возникновению таких фантомных идей, как, скажем, приписывание строительства египетских пирамид мифической расе атлантов или даже инопланетянам. И вообще, все самые удивительные достижения далёких времён принадлежат, оказывается, не отсталым аборигенам прошлого, а когда-то населяющим якобы землю и бесследно исчезнувшим высшим расам, либо пришельцам из космоса.

В условиях существования тысяч научных дисциплин, когда нет единства даже в рамках одной фундаментальной области знания и когда, например, учёные, работающие в разных областях физики, говорят на разных научных языках и не понимают друг друга, немудрено относиться к античной концепции единства знания как к красивой сказке, возможной лишь на ранних этапах человеческой цивилизации. Однако не всё так просто. Наряду с пусть не всегда чётким отделением мифологии от религии, религии от философии, философии от науки, науки от натурфилософии, мистики и оккультизма и выделением исследований об обществе и человеке в отдельную сферу «гуманитарных наук» всегда существовала тенденция к объединению отдельных дисциплин, неистребимое стремление к поиску общего начала и систем универсальной значимости.

Словом, налицо медленная, с невероятными трудностями и, как правило, ограниченная по охвату попытка интеграции в противовес неудержимой дифференциации знания. Образно говоря, с одной стороны – стремительный полёт стрижа у поверхности, с другой – неторопливое парение орла на больших высотах. Параллельно существуют наука и рефлексия над наукой, строящееся здание и невидимый фундамент, на котором оно возводится и о котором обитатели дома могут и не знать или иметь лишь смутные представления. Можно продолжить ряд аналогий, призванных хотя бы в грубом приближении показать коренное отличие конкретного научного знания от оснований науки.

Основная цель настоящей работы – ввести знакомого с общим курсом физики и высшей математики любознательного читателя в полный неразрешённых проблем и конкретных задач мир оснований науки, исследуемый представленными в тексте учёными-философами и философами науки. Авторы надеются, что усилия и время, затраченные на чтение данной книги, окупаются расширением кругозора читателя, поскольку научное мировоззрение формируется как на базе конкретных знаний, так и понимания оснований фундаментальной науки.

Часть I.

Структура научного знания. Основания математики

Принято различать три основных уровня научного познания: эмпирический, теоретический и метатеоретический. **Эмпирическое познание** (греч. εμπειρία – опыт) связано с чувственным восприятием окружающего мира, с опытом отдельной личности и опытом, передаваемым из поколения в поколение. Основным инструментом эмпирического познания в науке являются наблюдение и эксперимент, включая лабораторные исследования методом проб и ошибок, с помощью которых выявляются связи и отношения между исследуемыми явлениями и величинами. В физических науках промежуточным звеном между эмπειрией и теорией служат содержащие, как правило, ряд эмпирических параметров полуэмпирические теории, устанавливающие аналитические связи между физическими величинами на основе не столько общих принципов, сколько экспериментальных данных.

Теоретическое познание (греч. θεωρία – рассмотрение, исследование) представляет собой более высокий уровень научного осмысления действительности. Теория – это система научных понятий, принципов и правил, обобщающая специфическим образом практический опыт, представляющая те или иные абстрактные идеи в виде целостной структуры или отражающая какие-то стороны существующей реальности. Наиболее зрелыми и совершенными, с точки зрения структуры и строгости выводов, являются теории математики и физики, к которым предъявляется ряд достаточно жёстких требований, необходимых для возведения гипотетического построения в ранг научной теории. В формальной математике это прежде всего непротиворечивость и полнота теории, разрешимость её формул, независимость системы аксиом. В физической теории на первом месте соответствие экспериментальным данным и предсказание новых явлений и фактов.

Предметом научного исследования может быть и сама теория. Теория какой-то другой теории это **Метатеория** (от греч. μετά – после и θεωρία), изучающая теорию-объект посредством своего метаязыка. Предметом анализа метатеории служат структура, свойства, методы и приёмы исследования теории-объекта, её основные понятия и принципы. В узком смысле метатеория относится к логике (металогика) и математике (метаматематика), изучая при этом методами математической логики синтаксис – структурные и дедуктивные особенности и семантику – содержательные интерпретации различных исчислений и формальных систем, таких как исчисления высказываний и предикатов, системы формальной математики. Особое внимание здесь уделяется правилам образования и преобразования формализованной системы, вопросам, касающимся доказательств. В широком же смысле метатеория – важнейший инструмент исследований по основаниям науки, выполняющий, помимо прочего, и методологическую функцию по отношению к исследуемой теории или научной области.

Шкала Вселенной и иерархия научного знания

Конкретное обсуждение проблемы оснований науки начнём с русифицированной нами, широко известной, хотя и дискуссионной (как и любая другая) схемы, на которой представлены шкала размеров Вселенной, главные отрасли науки и их иерархия, см. [58].



Шкала Вселенной и общая структура науки

Согласно данному представлению, наблюдаемая Вселенная расположена в интервале 10^{-15} – 10^{27} см, с отношением порядка 10^{42} верхнего предела к нижнему. Данные, полученные на современных ускорителях, позволяют отодвинуть нижний предел на несколько порядков вниз, а теоретическая экстраполяция, связанная с определением границ справедливости некантовых теорий гравитации, доводит доступную теоретическому анализу минимальную длину до уровня планковской длины $\sim 10^{-33}$ см. Сюда можно добавить, что справедливость теории струн на малых расстояниях, указанная на шкале с вопросительным знаком, относится к разряду не подтверждённых опытными данными произвольных теоретических построений, существование же параллельных с нашей Вселенных является допущением чисто спекулятивного характера.

Однако здесь важно не уточнение границ физической реальности, которое, минуя физическую теорию и эксперимент, возможно, решается посредством анализа размерностей с учётом физического смысла физических величин [4], а наличие общей структуры научного знания, необходимой для понимания обсуждаемой темы. Если взять указанную схему за основу и представить современную науку в виде напоминающей буддийскую пагоду многоуровневой структуры, где каждый новый ярус покоится на предыдущем, то в основании всей конструкции лежат «формальные науки» – логика и опирающаяся на неё математика. Далее идут «физические науки» – физика и химия, которые, наряду со своим логико-математическим базисом, образуют тот сектор современной науки, который обычно и считается фундаментальным в иерархической структуре научного знания. Третий «ярус» в ней заполняет биология как наука о жизни, предшествующая наукам об обществе,

представленными социологией и психологией. Наконец, на вершину всей структуры помещены непосредственно связанные с физическими науками астрономия и науки о земле.

Конечно, каждая из ступеней и вообще каждая в отдельности взятая научная теория имеет свою специфику и относительную степень самостоятельности, которая становится всё более эфемерной по мере приближения к границам. Оставаясь в рамках научной теории (или даже целой отрасли знания) крайне затруднительно, чтобы не сказать невозможно, очертить границы её применимости: здесь требуется уже взгляд со стороны, с выходом в научное «Зазеркалье». Приближаясь к границам теории, мы приближаемся к её основаниям, где правила игры уже не те, что вдали от границ. Это область фундаментальных принципов, общих понятий, концептуальных схем, методологических постулатов, философского осмысления фундамента научного знания. Сам переход от научной теории как таковой к её основаниям в какой-то мере связан с унаследованной от античности идеей единства окружающего мира, существования общей основы всего сущего, которая должна отражаться в обобщённых теоретических моделях её описания. Пути-дороги, ведущие к анализу оснований науки, могут быть разными: создание универсальных теоретических построений путём объединения различных теоретических конструкций в одно целое, поиск единой основы материального мира или базиса научной отрасли, обобщение фундаментальных научных понятий, экспансия физико-математических принципов и понятий в смежные области знания ...

Обобщение понятия числа

Рассмотрим для ясности ряд характерных примеров из математики, а позже из физики – признанной, наряду с логикой, основы фундаментальной науки. Начнём с понятия числа, которое является одним из основным в математике и её многочисленных приложениях.

В самом начале были натуральные числа 1, 2, 3, ... как необходимый элемент счёта, используемый ещё в доисторические времена. Известно, что древние греки, включая пифагорейцев, числами считали только натуральные числа, наложив на всё остальное строгое табу, которое оставалось в силе на протяжении многих веков. Хотя расчёты, связанные с фактическим использованием отрицательных чисел, всё же приходилось производить, однако как законный объект математики, не совсем, правда, равноправный с натуральными числами, они появились в Европе только в XIII веке благодаря итальянскому купцу-математику Леонардо Пизанскому (Фибоначчи; *лат.* Leonardus Pisanus, *итал.* Leonardo Pisano; около 1170– около 1250), который завёз их с Востока.



Леонардо Пизанской (Фибоначчи)

Были также проблемы, возникшие с открытием пифагорейцем Гиппасом из Метапонта (др.-греч. Ἰππασος ὁ Μεταποντίτης; 574–522 до н.э.) иррациональных чисел, точнее отрезков, несоизмеримых с отрезком единичной длины то ли квадрата, то ли пентаграммы. В первом случае речь о геометрическом представлении корня квадратного из двух (константа Пифагора), во втором – корня квадратного из пяти (относящегося к константе золотого сечения). Открытие несоизмеримых отрезков подрывало пифагорейский догмат единственности натуральных чисел, в сущности это первый в истории науки кризис оснований математики, требующий её коренного пересмотра. Никакого пересмотра однако не последовало. Несоизмеримые отрезки, тем самым и иррациональные числа, не мудрствуя лукаво строжайше запретили, а «отбившийся от стада» гений-отступник Гиппас, посягнувший своим открытием на святая-святых не подлежащей обсуждению доктрину, подвергся, согласно преданию, суровым гонениям со стороны хранителей чистоты и непорочности пифагорейской математики.



Гиппас из Метапонта

Со временем иррациональные числа были, конечно, узаконены, образуя вместе с натуральными, положительными, рациональными, отрицательными и трансцендентными величинами континуум действительных (вещественных) чисел. Позже, заполнение лакун в математике, связанных с появлением корней из отрицательных величин при решении алгебраических уравнений, привело к введению мнимых и комплексных чисел, частными случаями которых являются числа всех остальных типов. Почти каждое, по сути вынужденное, расширение изначального множества натуральных чисел сопровождалось серьёзными потрясениями в сообществе математиков, не желавших признавать новые объекты равноправными конструктами математической теории, о чём, кстати, свидетельствуют и названия, даваемые новым числовым величинам. Сегодня комплексные числа, теория функций комплексного переменного – не просто дополнение и обобщение теории действительных переменных, а более продвинутый стиль мышления, новое понимание оснований математики, рикошетом – и теоретического естествознания. А вся многовековая история с расширениями и

обобщениями числовых множеств может считаться классическим примером серии последовательных модификаций в основаниях математики, обусловленных изменениями в понимании фундаментального понятия числа. В свою очередь это приводило к серьёзным трансформациям уже в основаниях, опирающихся на математический базис физических наук.

Следует добавить, что процесс обобщения понятия числа комплексными числами теоретически исчерпан, поскольку любая попытка их дальнейшего обобщения (гиперкомплексные числа, в частности кватернионы, числа Кэли, Клиффорда – Липшица, p -адические числа и т.д.) возможна лишь ценой отказа от основополагающих признаков чисел всех разновидностей – от натуральных до комплексных. Другими словами, если под числами понимать объекты, обладающие вполне определённой совокупностью свойств, включая коммутативность сложения и умножения, операцию деления, то универсум отвечающих этим требованиям объектов целиком формируется и заполняется комплексными числами типа $x + iy$, где x, y – произвольные действительные числа, i – мнимая единица.

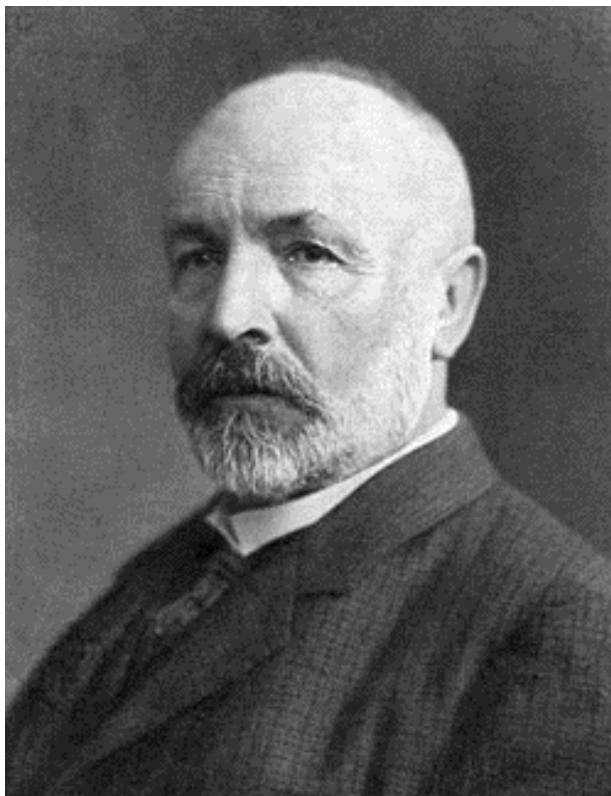
Содержательные толкования множества комплексных чисел могут быть разными, но все они связаны с размерностью 2: точки на двумерной плоскости, векторы двухмерного пространства, матрицы второго порядка. Если же взять, например, частный случай гиперкомплексных чисел – кватернионы, то есть числа типа $x_0 + ix_1 + jx_2 + kx_3$ которые формально отличаются от комплексных чисел тем, что у них три вместо одной комплексные единицы с соответствующими соотношениями для циклической перестановки мнимых единиц i, j, k , то оказывается, что закон коммутативности умножения для кватернионов не выполняется. Объекты, для которых выполняется фундаментальный закон коммутативности, и объекты, для которых этот закон не выполняется, трудно считать членами одного семейства величин. Следовательно, переход от размерности 2 к размерности 4, которому геометрически соответствует переход от двумерной плоскости к четырёхмерному пространству, не означает заполнения и расширения множества комплексных чисел родственными им по общим признакам объектами нового рода, поскольку это сопровождается разрушением основ самой системы постулатов числовой математики. Для других размерностей, число которых, конечно, не ограничено, отличия оказываются ещё более глубокими. Так, для размерностей 3, 5 и выше нельзя построить даже систему, аналогичную кватернионам.

В этом смысле других чисел, помимо комплексных, нет, а все остальные «числа» – объекты другого рода, то есть с существенно другим набором основных свойств. Иногда это положение, известное благодаря исследованиям К. Вейерштрасса, Ф. Фробениуса, Ч. Пирса и других, облекается в сходную форму: невозможно какое-либо расширение понятия комплексного числа за пределами системы комплексных чисел без отказа от каких-то фундаментальных свойств числа. На примере числа можно утверждать, что любое обобщение фундаментальных понятий в математике, сопровождаемое порой весьма существенным пересмотром её оснований, имеет свои пределы, определяемые изначально постулируемой совокупностью свойств, характерной и обязательной для всех членов данного семейства величин.

Метаматематика

Безудержная страсть к обобщениям сыграла недобрую шутку с его творцами, адептами и канторами (от лат. *cantor* – певец), но одновременно послужила толчком для появления метаматематики – специфической области исследований по основаниям математики. В конце 19 века окончательно оформилось *Mengenlehre*, позже названное *наивной теорией множеств*, созданное переехавшем в детстве с семьёй из Санкт-Петербурга в Германию математиком Георгом Кантором (нем. Georg Ferdinand Ludwig Philipp Cantor; 1845–1918). В теории Кантора натуральные числа обобщаются посредством новых математических конструктов –

ординальных и кардинальных трансфинитных чисел. Кантор доказал, что действительных чисел больше, чем натуральных (теорема Кантора) и ввёл понятие мощности кардинального числа. Все «кардиналы» выстроились в возрастающий по мощности бесконечный ряд $\aleph_0, \aleph_1, \aleph_2, \dots, \aleph_\alpha, \dots$ где алеф-нуль $\aleph_0$ – кардинальное число счётного множества натуральных чисел, $\aleph_1$ – континуума действительных чисел и так далее. Все алефы, для которых была установлена такая же иерархия, как и для натуральных чисел, это актуально бесконечные множества, рассматриваемые как некая данность, как математические объекты, допускающие формальные манипуляции по определённым правилам. Был отброшен аристотелевский принцип *infinitum actu non datur* (актуально бесконечного нет), считавшийся до Кантора общепринятым в научном сообществе.

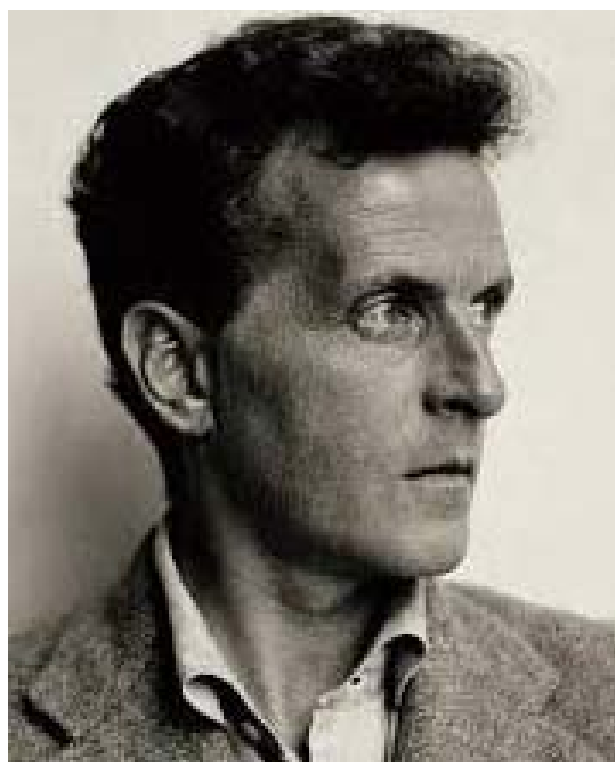


Георг Кантор

Теория Кантора претендовала на роль фундамента всей математики, ключевым понятием которой стало признаваться не число, а *множество*, определяемое самим Кантором как *объединение в единое целое различаемых объектов нашей интуиции или мысли, называемых элементами множества* [56], или, в несколько другой редакции, как *единое имя для совокупности всех объектов, обладающих данным свойством*. Теория множеств подверглась резкой критике со стороны таких известных математиков как А. Пуанкаре, который назвал идеи Кантора «тяжелой болезнью», поразившей математику, Л. Кронекер, обвинившего своего бывшего ученика в шарлатанстве, отступничестве и растлении молодежи, Г. Вейль, Л. Брауэр, Г. Шварц, а с философских позиций против теории множеств выступил Л. Витгенштейн. Но нашлись у Кантора и могучие защитники, в том числе ведущий, наряду с Пуанкаре, математик первой половины XX века Давид Гильберт (нем. *David Hilbert*; 1862–1943), заявивший, что «Никто не изгонит нас из рая, который основал Кантор» [67], на что Людвиг Витгенштейн (нем. *Ludwig Josef Johann Wittgenstein*; 1889–1951) откликнулся ироничной фразой: «Если кто-то воспринимает это как рай для математиков, почему кто-то другой не воспримет это как шутку?» [69].



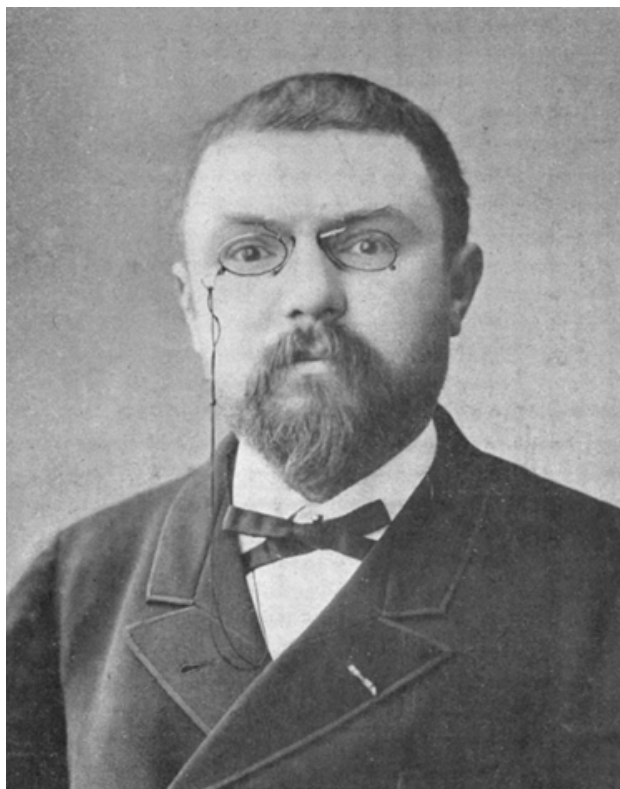
Давид Гильберт



Людвиг Витгенштейн

Светлая мечта исследователей многих поколений: подвести под математику надёжный, несокрушимый фундамент, ставящий по большому счёту точку в поисках оснований «царицы наук», казалось, была близка к окончательной реализации. Предполагалось редуцировать к теории множеств все остальные математические теории, выразить основные понятия математики через теоретико-множественные термины. Однако шутки с актуальной

бесконечностью ни к чему хорошему никогда не приводят. Триумфальное восхождение с помощью «кардиналов» на платоновские небеса математических *идей*, где в принципе допустимы любые математические абстракции, у Кантора не получилось. Алеф-обобщение натуральных чисел с треском провалилось: в канторовском раю завелись черти в виде парадоксов (антиномий) Бурали-Форти (1897), самого Кантора (1899), Рассела–Цермело (1901), предложенного Расселом шутивого «парадокса Тристрама Шенди» (1917) и некоторых других. По словам Анри Пуанкаре (*фр.* Jules Henri Poincaré; 1854–1912), «Нет актуальной бесконечности. Канторианцы забыли это и впали в противоречие» [44, с. 400].



Анри Пуанкаре

В истории математики бесконечность, допустимость использования тех или иных инфинитезимальных методов долгое время была головной болью многих математиков. С понятиями бесконечно малой и большой величин, кстати, связан второй, после обнаружения несоизмеримых отрезков (иррациональных чисел), великий кризис оснований математики. Зенон Элейский (ок. 490 до н. э. – ок. 430 до н. э.) и его последователи открыли ряд парадоксов (апории Зенона), в которых на разные лады развивалась тема невозможности построения конечных величин из бесконечно малых. В современной физике это можно представить как до сих пор не решённую, не вполне адекватно описываемую классическими теориями и не доведённую до конца в квантовой физике проблему непрерывности и дискретности пространства и времени, фактически как противоречие между понятиями непрерывного движения и бесконечного множества. В математике, в отсутствие надёжных методов, инфинитезимальные задачи решались чисто интуитивно, а интуиция может быть как прекрасным поводырём, так и обманчивой иллюзией. Мучительным переживаниям и интуитивной неопределённости был положен конец созданием теории пределов (главным образом О. Коши, а также К. Вейерштрасс, Б. Больцано и другие), окончательно, как могло тогда показаться, изгнавшей из теории актуальную и утвердившей в законных правах потенциальную бесконечность. Её можно, например, охарактеризовать словами Карла Гаусса (*нем.* Johann Carl Friedrich Gauß; 1777–1855) в письме к Г. Шумахеру в 1831 году:

«Я возражаю против использования бесконечных величин как чего-то завершённого, это не допустимо в математике. Бесконечность – это всего лишь речевой оборот, реальное значение которого – предел, к которому неограниченно приближаются определённые отношения, в то время как другим позволено бесконечно увеличиваться».

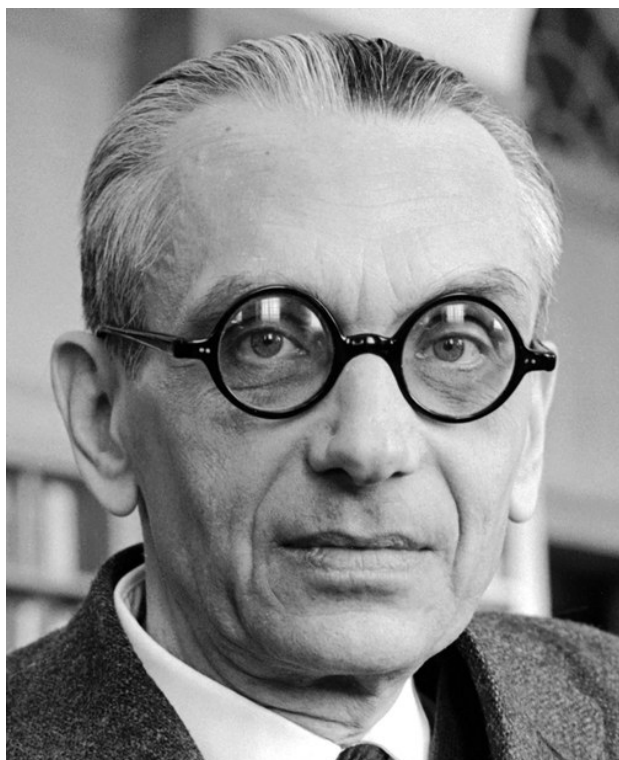


Карл Гаусс

Увенчавшаяся парадоксами, канторовская игра с бесконечностью как с завершённой данностью породила третий великий кризис оснований математики, привлёкший внимание лучших умов математики и ознаменовавшийся созданием конкурирующих концепций её обоснования. Наивная теория множеств Кантора канула в Лету, появились альтернативные варианты, среди которых наиболее известна аксиоматическая теория множеств Цермело–Френкеля, доработанная Бернайсом и Гёделем. С помощью искусственных ограничений удалось, похоже, избавиться от парадоксов, но проблема обоснования математики тем не менее не была решена.

В сущности, в основе любой концепции обоснования математики лежит идея её унификации – сведения к тому или иному минимальному базису исходных принципов и простейших, далее неразложимых понятий, играющих роль «атомов», первичных объектов математики. «Атомами» теории множества являются множества, а другие программы обоснования математики: логицизма (Ф. Фреге, Б. Рассел, А. Уайтхед, У. Куайн), формализма (Д. Гильберт, Р. Карнап, А. Тарский и др.), интуиционизма (Л. Брауэр, Г. Вейль, А. Гейтинг) хотя заметно отличаются друг от друга, но едины в признании первичности натуральных чисел по отношению ко всем остальным. Общей для всех этих программ является проблема обоснования арифметики натуральных чисел (см., например, [44: 39; 5]). Один из основателей логицизма Рассел вводил натуральный ряд посредством аксиомы бесконечности, формализм гильбертовского типа вводил его с помощью системы аксиом, в первую очередь аксиомы полной индукции, а у интуиционистов средством материального представления натуральных чисел служат палочки или точки, последовательно наносимые на бумагу.

Известно, что проблему обоснования математики ни одна из программ решить так и не смогла, попытки сведения математики к минимальному базису каких-то исходных понятий, принципов и объектов успехом не увенчались, а холодный душ в виде теорем Курта Гёделя (нем. Kurt Friedrich Gödel; 1906–1978) о полноте (1929) и неполноте (1930) формальной арифметики остудил пыл наиболее радикально настроенных формалистов. Этими теоремами доказывается ограниченность всякой формальной системы, в которой определены натуральные числа, операции сложения и умножения. Если такая система формальной арифметики натуральных чисел непротиворечива, то в ней существует невыводимая и неопровержимая формула и в ней невыводима также формула, утверждающая непротиворечивость системы.



Курт Гёдель

Метаматематика как метатеория математики, изучающая её основания, не достигла конечной цели, но, тем не менее, необходима для решений важнейших задач формальных систем математики методами математической логики. Это как бы мостик, соединяющий два нижних фундаментальных яруса в представленной выше схеме научной иерархии. В круг решаемых метаматематикой вопросов входят проблема разрешимости, определение независимости аксиом, непротиворечивости, полноты формальных систем, вопросы, связанные с формальными доказательствами, интерпретации формальных систем, отношения между ними и тому подобное. Фактически именно метаматематика является наиболее фундаментальной и теоретически продвинутой частью исследований по основаниям науки.

Часть II.

Основания физической теории

Математические системы могут оформляться в виде исчислений и потому с чисто формальной точки зрения математику можно представить как игру с графическими символами по строгим правилам метаязыка. Сама же метаматематика занимается больше исследованием синтаксиса системы, нежели её семантики и, хотя является составной и важнейшей частью оснований математики, но не включает в себя ряд вопросов содержательного, онтологического характера, не рассмотренных выше из-за ограниченности объёма работы. Ситуация в физике – существенно иная. Основные физические теории, вообще говоря, не формализованы и если математика, по крылатому выражению Г. Галилея (итал. Galileo Galilei; 1564–1642), это язык, на котором написана книга природы, физическая теория это, по принятому, качественное и количественное описание самой природы посредством определённых понятий, принципов и законов с привлечением соответствующего математического аппарата в качестве инструментария. И если в математике на первом плане дедуктивная строгость построений и выводов, в физике, как науке о природе, важнее соответствие с эмпирической действительностью и предсказательный потенциал теоретической модели.

*Основанием физики, по большому счёту, могла бы служить **фундаментальная теория** («Теория всего»). Под этим громким титулом можно понимать единую теорию физического мира с её онтологией, методологией и философией. Сейчас такой теории нет и потому в понимании оснований физики отсутствует та относительная определённость, которая присуща основаниям математики. Существует вместе с тем глубокая вера в единство физического мира, и нередко постижение общей теоретической основы физики провозглашается идеалом естественнонаучного познания, его важнейшей задачей и конечной целью. По словам Макса Планка (нем. Max Karl Ernst Ludwig Planck; 1858–1947. «С давних времён, с тех пор, как существует изучение природы, оно имело перед собой в качестве идеала конечную, высшую задачу: объединить пёстрое многообразие физических явлений в единую систему, а если возможно, то в одну-единственную формулу» [35, с. 23].*

Все лучшие умы теоретической физики, за редким исключением, преисполнены веры в единообразное устройство, конечную сложность и познаваемость физического универсума, хотя и не всегда сходятся в постановке общей цели физического познания и оценке степени её достижимости. К тому же, в самой природе физического познания, уже по определению, заложено стремление к поиску всеобъемлющего начала, которое обычно мыслится не как чисто умозрительное построение, не как систематизирующий опыт и обеспечивающий цельность понимания научный миф, а скорее как существующий сам по себе, независимо от сознания генеральный план устройства природы, снабжённый реализующим его механизмом.

Понимание основания физической науки как охватывающей весь физический универсум фундаментальной теории с её философско-методологическим окружением и, разумеется, сам факт отсутствия такой теории стимулируют обсуждение концепций и конкретных построений, ведущих, по

мысли их творцов, к созданию «Теории всего». Исходя из такого толкования оснований физики и определяя её как теорию физических величин, а фундаментальную физику соответственно как теорию фундаментальных физических величин, мы попытаемся обсудить связи физической теории с математикой и философией, рассмотреть идеи и объединения, направленные на унификации физического знания.



Макс Планк

Связь между физической теорией и философией

Ещё в преддверии создания современной физики Фрэнсис Бэкон (англ. Francis Bacon; 1561–1626) предлагал «разделение теоретического учения о природе на физику и метафизику, из которых физика исследует действующую причину и материю, метафизика – конечную причину и форму» [15, с. 217].

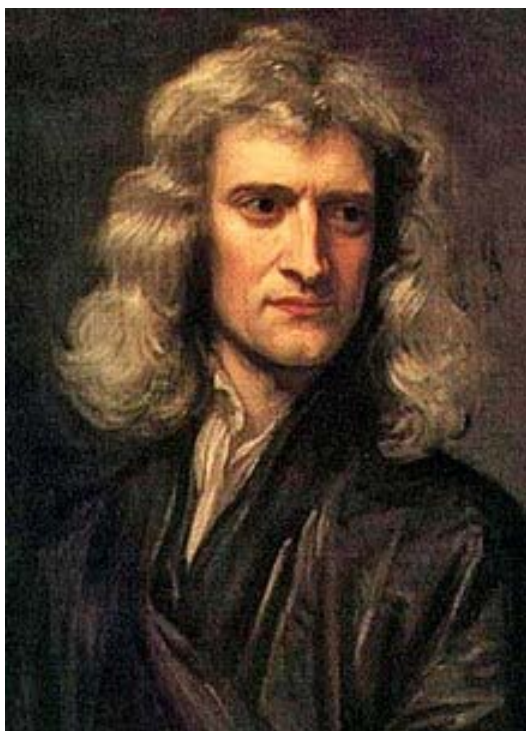


Фрэнсис Бэкон

Новая физика эпохи Галилея и Ньютона (англ. Isaac Newton; 1642–1727), решительно порывая со своим натурфилософским прошлым и трансформируясь в самостоятельную науку, стала строить свои отношения с философией на принципиально новой основе. Ньютон ещё мог традиционно именовать своё творение *математическими началами натуральной философии*, но сегодня натурфилософия если и упоминается, то не иначе как со снисходительно-уничижительным оттенком. В любом случае, с созданием классической механики завершился более чем двухтысячелетний (начиная с Фалеса и милетской школы – VI век до н.э.) период «философского пленения» физики и на смену всезнающей *натуральной философии* пришла *философия науки* – менее претенциозная, не слитая, где-то даже дистанцированная от научной теории и тем не менее оказывающая определённое влияние на её формирование и развитие. Влияние это, совершенно незаметное на периферии физической теории, становится явным при анализе её оснований и особенно велико при создании новой теории. В этой связи отметим, что теория относительности обязана своим появлением не только таким предпосылкам как всем хорошо известный *experimentum crucis* Майкельсона–Морли по измерению скорости светового сигнала в зависимости от скорости его источника [32], но и критике Э. Махом [33; 34] основ ньютоновой механики.

Отношение спекулятивного мышления к научному – вечная проблема, никогда не теряющая своей остроты. Быстрое и плодотворное развитие физической науки в Новое время, дискредитировавшее саму идею приобретения нового знания посредством так называемых *интеллигибельных принципов* натурфилософии, породило со временем сильный и всё более усиливающийся мировоззренческий крен в противоположную сторону. Однако все попытки раннего и позднего позитивизма отбросить метафизику (философию и методологию физики) и свести существующие теории, скажем, к «протокольным предложениям» не достигли цели. Немыслимо и просто нелепо пытаться оградить физику от вмешательства метафизики, см. например [66; 11], которая является неотъемлемой частью оснований физического знания.

Другое дело, что с приобретением статуса самостоятельной науки физическая теория активно противодействует всевозможным попыткам повести её в русло того или иного философского течения, пытающегося навязать свои *конкретные* методологические установки. Все подобные поползновения (позитивизм и неопозитивизм, диалектический материализм, неокантианство марбургской школы, конвенционализм, операционализм и др.) в лучшем случае вносили кое-какие коррективы и уточнения, в худшем – искусственно сдерживали развитие физической теории запретительными мерами. Следует, очевидно, признать, что помимо считающейся само собой разумеющейся общей установки на математизацию естественных наук у физики нет и едва ли когда-либо появится общепринятый *изм*, которому будет поклоняться большая часть естествоиспытателей. С другой стороны, философские идеи, альтернативные методологические концепции так же необходимы физической теории как необходимы дереву воздух, солнечный свет и почва. Да и сама краеугольная идея единства физического мира, стимулирующая поиск универсальных принципов и методов описания, не является, если вдуматься, тривиальной. Роль и значение внефизического окружения в реализации способностей человека открывать законы природы достаточно весома, и история физики даёт множество примеров явной и неявной зависимости становления и последующего истолкования физической теории от философско-методологических факторов. Назовём хотя бы концепцию абсолютных пространства и времени, проблему определения субстрата теории – исходных физических величин, которой уделено столько места в «Началах» Исаака Ньютона которая фактически стоит перед каждой создаваемой теорией, дилеммы дискретное – непрерывное, сохранение – изменение, конечное – бесконечное, наблюдаемое – измеряемое – ненаблюдаемое, измеряемые и неизмеряемые величины.

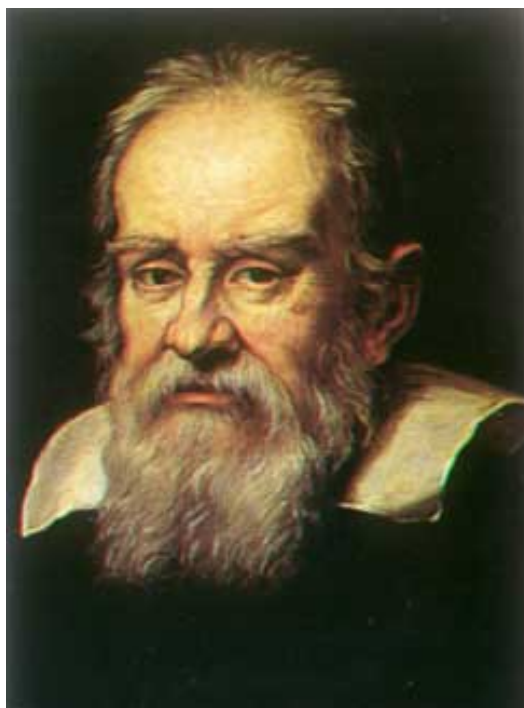


Исаак Ньютон

Велико, конечно, и обратное воздействие физической теории на философию и методологию. Так, с успехами классической механики концепция механицизма, механистического мировосприятия надолго утвердила своё господство не только в философии естествознания, но и за её пределами. Мощные импульсы, полученные от теории относительности и порой весьма своеобразно истолкованные, возродили на новой основе философию релятивизма и способствовали распространению релятивистских идей в гносеологии, науке, изобразительном искусстве и литературе. Значительно влияние и квантовой механики, а также более поздних физических теорий, особенно космологических, хотя в полной мере оно ещё не осознано и не столь заметно. Можно без преувеличения сказать, что многое в философии, методологии, а в определённой степени в культуре вообще, не говоря уж о технике, так или иначе генетически и концептуально связано с развитием физической теории.

Философы разных школ и направлений всегда пытались найти (и конечно находили) в физической теории подтверждение своих взглядов, что решительно оспаривалось представителями других школ и направлений, беспартийно заявляющих, что именно их подход является единственно правильным. Наглядным и доведённым до крайности проявлением возросшего авторитета физической теории и преувеличенных представлений о её возможностях может служить программа унификации всех конкретных наук путем перевода научных предложений на язык физики (О. Нейрат, К. Гемпель, Р. Карнап и другие). С точки зрения определения физики как науки о физических величинах это, по сути, программа редукции большей части науки к высказываниям о физических величинах, понимаемых притом в узком смысле. И всё же наиболее важное, пожалуй, значение в плане влияния физики на философию и методологию имеют результаты, полученные в космологии. Вселенная, космос всегда занимал особое место «в системах воззрений на совокупность явлений» или в «состояниях человеческого ума» (О. Конт). А по мнению Галилео Галилея,

«Из достойных изучения естественных вещей на первое место, по моему мнению, должно быть поставлено устройство Вселенной. Поскольку Вселенная всё содержит в себе и превосходит всё по величине, она определяет и направляет всё остальное и главенствует над всем» [20, с. 227].



Галилео Галилей

С этим перекликаются идеи, высказанные в «Тимее», и ещё более древние представления о роли космоса, отражённые уже в ранней мифологии. Характерно и другое заявление Галилея, что «до сих пор ещё не решено (и я думаю, что человеческая наука никогда не решит), конечна ли Вселенная или бесконечна?» [там же]. А раз так, следует полагать, что подобные вопросы навечно закреплёны за спекулятивным мышлением и можно только подтрунивать над ограниченными возможностями человеческого разума, строя подходящие апории (Зенон) и антиномии (И. Кант). В действительности вопреки всем прогнозам этот столь недоступный заповедник теологии и философии фактически перешёл во владение науки и решение подобных вопросов является сейчас прерогативой физического познания. Не в последнюю, конечно, очередь это оказалось доступным благодаря тому, что физика получила в своё распоряжение новый, намного более мощный математический аппарат, стимулирующий исследования по основаниям физики, поиск фундаментальной теории.

Фундаментальная физическая теория

Выражаясь *высоким штилем*, фундаментальная (единая) теория есть высший продукт развития физики, светлая мечта и венец творчества естествоиспытателей, эзотерическая книга природы, истинное содержание которой уже много столетий тщетно пытаются раскрыть. Это и учебник физики микро-, макро-, мегамиров в одном переплете с её философией, логикой, математикой, синтез, единство физики и метафизики. Следует признать, что в истории науки не было по большому счету ни одной истинно фундаментальной физической теории, хотя иллюзии по этому поводу были (классическая механика и электродинамика), была теория А. Эддингтона под таким названием [57] и не было никогда недостатка в претендентах на святое место, пустующее с начала XX века: «Теория материи» Г. Ми [63], единые теории Г. Вейля [17], А. Эйнштейна [47], Д. Гильберта [25], Калуцы–Клейна [29], нелинейного спинорного поля В. Гейзенберга [21], различные варианты аксиоматической квантовой теории поля [11], суперсимметрии и супергравитации [70; 45], см. также [16; 42], суперструн – см. [55; 60], «Исключительно простая теория всего» Г. Лизи [62] и др.; см. также [7; 6; 51; 10; 68]. Как в прошлом, так и в настоящем все новые физические концепции, все серьёзные претенденты на высший титул фундаментальной теории являются детищами своего времени, испытанными на

себе совокупное действие множества нефизических, особенно философских, мировоззренческих, логико-методологических и, конечно, математических факторов. Физическая теория в свою очередь оказывает обратное, порой довольно сильное влияние на своё непосредственное окружение, а также на теологию, искусство, литературу и культуру в целом.

Понятно, что процесс формирования фундаментальной теории, выдвижение соответствующих исследовательских программ, которые часто уже в начале пути оказываются в тупике, сопряжено с большими трудностями различного свойства. В основе же программ построения ФФТ лежат явно декларируемые либо молчаливо предполагаемые, но вполне определённые методологические установки. В работе [49] выдвинуты четыре основных методологических подхода, условно названных *юнионистским*, *методом глобального математического поиска*, *экстраполяционным* и *константным*. По меньшей мере один из них используется в каждой когда-либо предлагавшейся программе построения фундаментальной теории.

Наиболее, вероятно, популярен *юнионистский* подход. История физической науки последних трёх столетий это во многом череда теоретических объединений и слияний. Классическая механика, не говоря уже о её притязаниях на статус абсолютной науки, долгое время расширяла свои владения, подчиняя себе всё новые разделы физики. Даже электродинамику настойчиво пытались истолковать в духе механицизма, а общность пространственно-временных представлений, математического аппарата и бросающееся в глаза сходство между электростатическим и гравитационным полями в совокупности давали, казалось бы, полное право рассматривать механику и электродинамику как единую систему физического знания. Сама электродинамика возникла в результате объединения электростатики с динамикой, электричества с магнетизмом, «поглощения» волновой оптики Гюйгенса–Френеля теорией Максвелла. Примеров успешного объединения, знаменующих появление новых теорий, как и не доведённых до конца или просто неудачных попыток подобного рода, в современной физике более чем достаточно. Для определённости нелишне перечислить (в условной записи и нестрогом приближении) некоторые из них:

электродинамика + квантовая механика + специальная теория относительности = квантовая электродинамика,

относительность + гравитация = теория релятивистской гравитации,

гравитация + электромагнетизм = единые теории поля,

гравитация + релятивизм + кванты = квантово-релятивистские теории гравитации,

электромагнетизм + слабое взаимодействие = теория электрослабых взаимодействий,

электромагнитное взаимодействие + слабое взаимодействие + сильное взаимодействие = Великое объединение,

Великое объединение + гравитация = суперобъединение или супергравитация.

Юнионистская тенденция сейчас, как и раньше, достаточно сильна. Однако поставленная ещё в первой половине XX века программа объединения идеи квантов с релятивизмом, успешное решение которой, как полагали, предreshает создание фундаментальной теории, успехом не увенчалась. Совместить непрерывные континуумы теории относительности с концепцией квантовой дискретности оказалось не так просто. Исследование глубоко увязло в трудностях квантования, в частности пространства-времени и физических полей, а сам подход «кванты + относительность» к фундаментальной теории стал казаться односторонним и чрезмерно упрощённым. Разумеется, в понятие фундаментальной теории так или иначе

заложена идея объединения всех работающих, пользующихся устойчивой репутацией физических теорий. Вопрос в том, представляется ли такое объединение как некий синтез уже имеющегося или же как результат рефлексии, «безумного» полёта мысли, нового стиля мышления. А может, как результат применения каких-то неизвестных или же известных, но не используемых в физической теории методов математического исследования?

Ведь не секрет, что в физических исследованиях используется лишь относительно небольшая часть формального аппарата, языка математики. С другой стороны, и в существующем математическом инструментарии не всегда находятся необходимые физической теории готовые средства и тогда потребности физического исследования стимулируют разработку этих средств; тем самым физика оказывает обратное влияние на развитие чистой математики. Как бы то ни было, вера во всемогущество математики у многих настолько сильна, что нередко математике приписывается роль некоего спасителя, призванного направить заплутавших и пребывающих в растерянности создателей физической теории на истинный путь. Тем более, что по мнению А. Зоммерфельда «каждая фундаментальная физическая теория должна в конечном счете быть дедуктивной» [30, с. 11], то есть фактически представляться в виде формального исчисления, соответствующего метаматематическим стандартам.

Подход, делающий главную ставку на чудодейственную силу того или иного математического формализма, назван нами *методом глобального математического поиска*. Идея объединения этим, конечно, не аннулируется, но отходит как бы на второй план: она уже не самоцель, сверхзадача исследования, а следствие, естественный результат применения универсального метода. Правда, его надо ещё найти, опознать и признать, а это всегда сложно. Известно, что на роль математического мессии упорно претендовал аксиоматический метод, в рамках которого, с использованием вариации действия, искал решение глобальных физических проблем Д. Гильберт. И хотя создание Гильбертом теории аналогичной ОТО следует считать немалым достижением, однако возможности аксиоматики, как оказалось, далеко не безграничны. Об этом свидетельствует и аксиоматический подход в квантовой теории поля, позволяющий, например, вывести знаменитую *CPT*-теорему из более общих положений, но далёкий от достижения главной цели. Это относится и к алгебраическому (также с использованием аксиоматики), топологическому и теоретико-групповому подходам. Возможность теоретико-группового представления различных физических теорий побуждает энтузиастов Великого объединения и супергравитации искать универсальные группы симметрии, охватывающие все фундаментальные поля и частицы современной физики, и время от времени создаётся иллюзия близости решения. Напрашивается сравнение с ловлей кошки в тёмной комнате, которая скорее всего является пустой. В любом случае, излишний крен в сторону математики, преувеличенное представление об эвристических возможностях чисто математического поиска не находит себе оправдания. Не разобравшись должным образом в тонкой специфике исследуемого объекта, не нащупав его «изюминку», трудно или даже практически невозможно подобрать соответствующий математический инструментарий.

И здесь выходит на передний план проблема выбора первичных объектов – исходных физических величин, что особенно заметно в *константном подходе*. В классической электродинамике исходными могут считаться четыре полевые величины для вакуума и среды; в специальной теории относительности – скорость света в вакууме и четырёхмерные инварианты, обычно выражаемые через пространственно-временные и энерго-импульсные переменные; в квантовой механике – комплексная ψ -функция; в различных вариантах аксиоматического подхода к теории поля – *S*-матрица Гейзенберга, либо ненаблюдаемое квантовое поле, либо совокупность всех физических величин. Характерно, что, начиная с закона всемирного тяготения Ньютона, во всех без исключения основных уравнениях и соотношениях теории наряду с переменными фигурируют выделенные значения физических величин –

фундаментальные физические постоянные (ФФП). В теории Ньютона это гравитационная постоянная G , в СТО – скорость света в вакууме c , в ОТО – c и G , в квантовой (нерелятивистской) механике – постоянная Планка $\hbar$, в квантовой электродинамике – c и $\hbar$. Исходя из этого иногда приводится такая схема: G -теория, c -теория, $\hbar$ -теория, cG -теория, $c\hbar$ -теория. Теории как бы выстраиваются по ранжиру в шеренгу, где ранг, степень общности каждого члена определяется количеством фундаментальных констант, а естественное продолжение ряда – $cG\hbar$ -теория, то есть квантовая ($\hbar$), релятивистская (c) теория гравитации (G).

Между тем, количество постоянных, признаваемых фундаментальными, исчисляется уже десятками, а неполная индукция – неважный советник в подобных случаях. Существенно однако, что интерес фокусируется на выделенных величинах, на фундаментальных физических числах. В основе константного подхода лежит идея главенствующей роли констант, точнее безразмерных – не зависящих от выбора системы измерения – фундаментальных физических постоянных, в физической теории. При таком подходе безразмерная константа, будучи как физической величиной, так и искомым математическим числом, является первичным объектом физической теории и выделенным числом её математического аппарата, поскольку проблема теоретического вычисления безразмерных констант считается здесь основной. С точки зрения константного подхода СТО может в определённой степени считаться первой серьёзной попыткой её реализации, поскольку именно факт неизменности константы c , однозначно задающий группу математических преобразований в четырёхмерном пространстве-времени, является для неё решающим. Следует, правда, оговориться, что c выступает в СТО просто как абстрактная физическая величина, численное значение которой для теории не существенно. Позже, с появлением уже безразмерных физических постоянных, теоретическое определение их значений стали считать одной из основных проблем физической теории. Классическим образцом константного подхода служит «Фундаментальная теория» А. Эддингтона, о которой подробнее скажем позже.

Весьма характерен для физики и *экстраполяционный подход*. Сущность его в том, что математический метод, например вариационный, оправдавший себя в ряде случаев, постепенно начинает расцениваться как универсальный. Если метод глобального математического поиска направлен на отыскание адекватных средств представления фундаментальной теории, то здесь речь идёт о применении *уже оправдавших себя средств*. В этом плане особые ожидания связывают с принципом калибровочной инвариантности (симметрии), частным случаем которой является релятивистская инвариантность, положенная в основу теории относительности. При расширенном толковании этого принципа все работающие физические теории отвечают требованию калибровочной инвариантности. Это обстоятельство побудило искать некую суперкалибровочную инвариантность, или просто суперсимметрию, призванную объединить все фундаментальные взаимодействия, включая гравитационное, в рамках единой симметрии. Последняя и образует ядро теории супергравитации, претендующей по сей день на вакансию фундаментальной теории.

Но признание за калибровочной инвариантностью статуса фундаментального физико-математического принципа совершенно недостаточно для нахождения искомой суперсимметрии, так же как аналогичное признание в отношении принципа вариации действия не определяет вид так называемого *золотого лагранжиана*. Эвристически эти принципы играют роль методологических правил ограничительного в основном характера, сужающих, канализирующих возможные направления поиска. Кроме того, эти принципы (в том виде, в котором они сегодня встречаются) – из мира непрерывных преобразований симметрии и непрерывно меняющихся величин, чуждых по духу концепции квантовой дискретности

физических величин, в частности пространства-времени. Что касается экстраполяционного подхода в целом, то сделанное по поводу метода математического поиска замечание о главенствующей роли «изюминки» исследования, без которой нельзя серьёзно рассчитывать на успех, справедливо и в этом случае.

Физические величины и математический аппарат

Таковы четыре тесно связанных, где-то пересекающихся и порой едва различаемых методологических подхода, относящихся к основаниям физики. В каждом из них во главу угла ставится один из ключевых аспектов построения, наличие же по меньшей мере одного из подходов нетрудно обнаружить в любой программе построения фундаментальной теории. Можно однако попытаться подойти к проблеме с несколько иных позиций, с иной акцентировкой узловых моментов. Речь идёт об исключительно важной проблеме *соотношения между физическими величинами и математическим аппаратом физической теории*. В представленной в Части I иерархической структуре научного знания этому соответствует связь между вторым – математическим уровнем и основными конструктами третьего – физического уровня.

Первая из важнейших граней проблемы состоит в том, что *выбор адекватных математических средств фактически диктуется выбором исходных физических величин*. Проиллюстрировать эту идею удобно на исторических примерах, рассматриваемых под соответствующим углом зрения. Фундаментальные понятия ньютоновской механики – масса, сила, количество движения и непрерывность континуумов точек пространства и времени, предопределяют форму математической связи между физическими величинами. И вот появляется метод флюксий – прообраз дифференциального и интегрального исчисления [19, с. 130], позволяющий записывать изменения величин во времени и в пространстве евклидовой геометрии посредством того, что мы называем сейчас дифференциальными уравнениями. В трёхмерном евклидовом пространстве положение точки характеризуется тремя числами, или координатами точки в выбранной системе отсчета, что приводит к *трём* дифференциальным уравнениям движения для *одной* (материальной) точки. Фактически мы имеем уравнение не для самой величины, а для её проекций, координат. Потребовалось около двух столетий, чтобы осознание необходимости производить операции над самими величинами, а не их координатами, создание векторного анализа и понимание некоторых величин как трёхмерных, трёхкомпонентных векторов привели к окончательной замене системы трёх уравнений для координат (кстати, с практической точки зрения нередко более предпочтительной) *одним*-единственным уравнением для векторной величины. Получилась более общая, компактная, не зависящая от выбора системы координат и, главное, более отвечающая существу дела форма математической записи уравнений механики.

Пойдём дальше. Основные полевые величины классической электродинамики – напряжённость и индукция электрического и магнитного полей, во многих отношениях аналогичны векторным величинам механики, и не случайно то упорство, с каким долгое время пытались свести электродинамику к механике. Во всяком случае, нужда в новом математическом аппарате не ощущалась, так что евклидова геометрия, дифференциально-интегральное исчисление и векторный анализ сохраняют свои позиции и в электродинамике Максвелла. Но вот почти идиллическая картина почти завершённого здания классической физики нарушается экспериментально удостоверенным фактом постоянства скорости света в вакууме. При обычном выборе переменных математическая запись принципа постоянства величины c в виде уравнения определяет специфику формализма специальной теории относительности (группа Пуанкаре, псевдоевклидово пространство с четвёртой мнимой координатой), ознаменованного появлением новых инвариантных физических величин.

Трёхмерные векторные и соответствующие скалярные величины механики и электродинамики, такие как длина и промежуток времени, импульс и энергия, векторный и скалярный потенциалы поля, сливаются в единые четырёхмерные, четырёхкомпонентные пространственно-временной интервал, импульс-энергию, четырёхмерный вектор-потенциал электромагнитного поля, глубже и адекватнее отражающие природу физической реальности. Аналогично, свойствами таких квантово-механических и квантово-полевых величин как вектор состояния ψ и S -матрица предопределяется применение матриц и операторов в физической теории.

Возможны, правда, различные формально эквивалентные варианты математического аппарата, например матричное (В.Гейзенберг), волновое (Э. Шрёдингер) и лагранжево (Р. Фейнман) представления квантовой механики. Здесь мы имеем дело уже со *второй* гранью проблемы – *альтернативностью при выборе первичных величин*. В связи математика–исходные физические величины выбор физической основы, определяющий использование тех или иных математических средств неоднозначен. Особенно наглядно это видно на примере классической механики. Что если начинать механику не с силы и т.д., а в духе лагранжева и гамильтонова подходов с величины, названной действием, имеющей размерность Энергия $\times$ Время и обладающей замечательным свойством принимать минимальные значения в различных случаях, реально наблюдаемых в физическом мире?

Новый способ фактически знаменует переход от, пользуясь выражением Пуанкаре, «физики центральных сил» к «физике принципов» [38, с. 233, 235]. Ньютонов формализм в какой-то момент практически уже исчерпал свой теоретический потенциал в пределах классической физики, и простое с виду переизложение механики в стиле Лагранжа вводит в теорию посредством новой энергетической величины лагранжиана известный ранее в частных проявлениях и нередко под другим именем *принцип наименьшего действия*. Например, именно с этим принципом непосредственно связана уникальность *принципа золотого сечения* и константы $\phi = 1,6180339\dots$, которая, помимо прочего, является «самым иррациональным числом», конкретно – *наименьшим* числом, границей между бесконечным счётным и конечным множествами рациональных чисел (теорема Гурвица). Минимальность золотой константы содержательно можно толковать как сохранение, стабильность, оптимальность, экстремальность, устойчивость по отношению к различным воздействиям [3].

Математически принцип наименьшего действия выражается в приравнивании нулю вариации действия δS . Замена исходных величин осуществляет переход от ньютонова представления классической механики с уравнением движения второго порядка к лагранжеву и гамильтонову представлениям с каноническими уравнениями первого порядка. Помимо формальных преимуществ это породило основанные на вариационном принципе лагранжев и гамильтонов формализмы, сыгравшие в дальнейшем большую роль в развитии физической теории. Более того, вариационные методы и лагранжев формализм входят в очень узкий круг наиболее мощных и универсальных математических средств современной физики. Можно сказать, что в экстремальности действия как бы закодирована значительная часть физики, в том числе законы сохранения различных физических величин, основные уравнения классической физики, ОТО, см. [25], квантовой теории поля включая новейшие её разделы, и в первую, быть может, очередь закодирована необходимость использования аппарата вариационного исчисления для обслуживания равенства $\delta S = 0$.

Продemonстрировав свои возможности и несомненные преимущества перед, допустим, силой или импульсом, действие наряду с такими величинами как скорость света в вакууме, электрический заряд, энтропия и некоторыми другими приобретает со временем общефизическую значимость, становится весомым фактором, который неизбежно должен учитываться всякий раз при построении фундаментальной теории. С этим связана *третья* грань

в проблеме взаимоотношений между физической величиной и сопутствующим ей математическим формализмом. Дело в том, что характер последнего может быть обусловлен не просто первичностью той или иной физической величины, а в решающей степени её *численным значением*. Так, в зависимости от близости рассматриваемых скоростей частиц или тел к значению скорости света в вакууме c различают нерелятивистский, полурелятивистский, релятивистский, а иногда и ультрарелятивистский случаи; в зависимости от значения действия различают классическую, квазиклассическую и квантовые области. При этом для каждой из величин общий случай это тот, который связан с рассмотрением значений, близких к экстремальным, – максимуму, равному c для скоростей, и минимуму, равному $\hbar/2$ для действия, называемого в квантовой области спином. Все остальные случаи, являющиеся лишь приближениями общего, связаны с ним посредством принципа соответствия, выражаемого предельными соотношениями типа $c \rightarrow \infty$, $\hbar \rightarrow 0$. Глубокие математические различия возможны однако и в самой области экстремальных значений для спина, где принцип соответствия теряет всякий смысл. Известно, что все обнаруженные и гипотетические частицы современной физики делятся на два класса, исключительно в зависимости от значения спина. Частицы с нулевым, или целым в единицах $\hbar$ спином относятся к бозонам и описываются статистикой Бозе – Эйнштейна, а фермионы, или частицы с полуцелым спином, – статистикой Ферми – Дирака. Стремление к объединению обоих классов в единый суперсимметричный мультиплет – одна из причин появления теории суперсимметрии, а принципиальные математические различия в зависимости уже от конкретного числового значения спина существуют в пределах класса бозонов. Спин 0 (хиггсоны, голдстоуновские бозоны), спин $\hbar$ (фотон, промежуточные векторные бозоны, глюоны) и спин $2\hbar$ (гравитон) это не просто различные физические числа, но и серьёзные различия в математическом аппарате тех теорий и моделей, где частицам с этими значениями спинов принадлежит решающая роль. Так, применение тензорного, а не векторного анализа в ОТО и других релятивистских теориях гравитации, появление таких сложных величин как тензор энергии-импульса, метрический тензор, тензор Риччи непосредственно связано с тем, что спин гравитона, являющегося агентом гравитационного взаимодействия, равен $2\hbar$. В этом и других схожих случаях спин фундаментальной частицы – переносчика данного взаимодействия, то есть конкретное численное значение фундаментальной физической величины, является одним из основных условий выбора математического аппарата теории.

Физическая математика. О критерии математической красоты

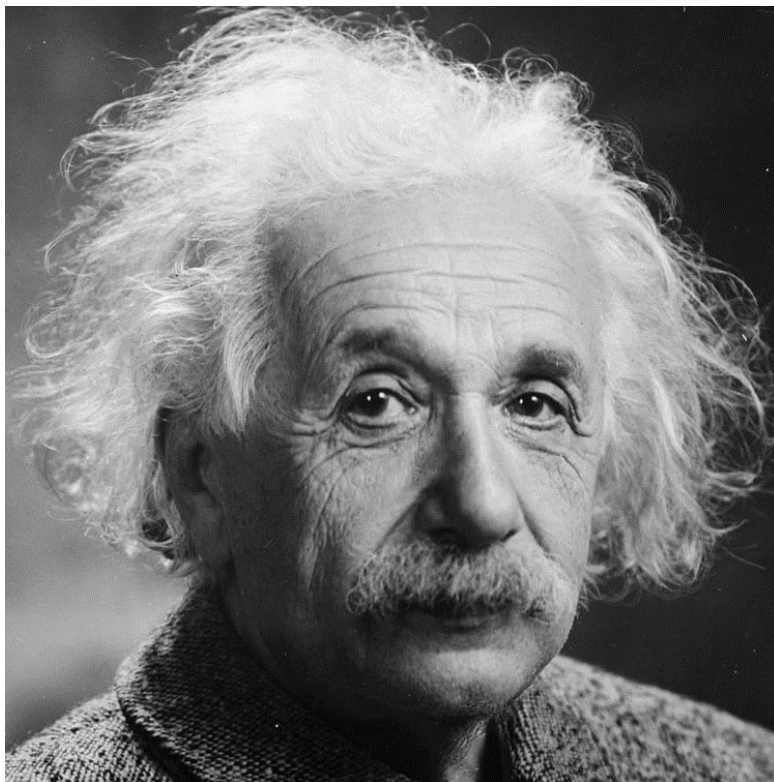
В соотнесённости математических средств с выбором исходных физических величин, при замене их другим набором с конкретными численными значениями фундаментальных величин, на первое место неизбежно ставится физическая величина и лишь второе место отводится математике. При такой расстановке роль, отводимая математике, хоть и велика, но вторична и относительно пассивна. Да, книга природы написана на языке математики, но надо ли это понимать только как наличие в арсенале математики универсальных средств для представления физической реальности? Где корни физической теории и не содержится ли в недрах чистой математики нечто такое, что в каком-то смысле и составляет глубинную основу физики – физическую математику? Или что, например, первичнее: вариационный метод, онтологизируемый в физике как принцип наименьшего действия, или же само действие, обслуживаемое вариационным методом, и не схоластична ли вообще такая постановка вопроса? Ведь может показаться, что это всего лишь разновидность извечного спора о том, что было раньше, яйцо или курица, но даже если это действительно так, яйцо и курица символизируют

две формы одной и той же сущности, между тем в понимании математики как языка, пусть даже единственно возможного, всемогущего и т.п., такого единства мы уже не видим.

В истории немало примеров, когда исходя из чисто математических соображений, в частности геометрических и арифметических, включая сюда числовую магию, пытались определить правила математической игры, которым должна подчиняться природа. В отличие от метода глобального математического поиска на первом месте уже не *поиск* подходящего математического формализма, а *изначально заданная* математическая конструкция, признаваемая совершенной, а потому существующей в физической реальности. Древние пифагорейцы вопреки наблюдениям были убеждены в том, что в солнечной системе имеется ровно десять, не больше и не меньше (!?), планет, поскольку именно *декада* считалась у них сакральным числом, которым они давали клятву. Демиург Платона в «Тимее» строит Вселенную посредством пяти платоновских тел, поскольку идея гармонии и красоты космоса – «прекраснейшей из вещей» – предполагает безупречную геометрию, а правильные многогранники кажутся Платону верхом совершенства, причем эмпирическое обоснование идеи его не заботит. В качестве математической модели Вселенной многогранники сегодня выглядят, быть может, наивно, но если говорить только о самой идее, а не способе её реализации, не является разве математическая красота постоянным спутником всего, что есть стоящего в основаниях физики, и разве не связана эта красота с гармонией мира неразрывными узами?

Послушаем знаменитых естествоиспытателей XX столетия. «На мой взгляд, учёный занимается построением идеально гармоничной картины, придерживаясь некоторой математической схемы» – это отрывок не из «Тимея», а из «Сократовского диалога» Альберта Эйнштейна (*нем.* Albert Einstein; 1879–1955) здесь же декларирующего своё творческое кредо:

«Цель учёного состоит в том, чтобы дать логически непротиворечивое описание природы. Логика для него означает то же, что законы пропорции и перспективы для художника. Так же, как и Пуанкаре, я считаю, что наукой стоит заниматься, ибо она позволяет открывать красоту природы» [48, с. 162].



Альберт Эйнштейн

Не случайно поэтому, что «Мы, – по замечанию Эйнштейна, – с готовностью воспринимаем лишь те физические теории, которые обладают изяществом», см. [18, с. 190].

По мысли самого Пуанкаре

«Учёный изучает природу не потому, что это полезно; он исследует её потому, что это доставляет ему наслаждение, а это даёт ему наслаждение потому, что природа прекрасна. Если бы природа не была прекрасной, она не стоила бы того, чтобы быть познанной; жизнь не стоила бы того, чтобы быть прожитой. Я здесь говорю, конечно, не о той красоте, которая бросается в глаза, не о красоте качества и видимых свойств: и притом не потому, что я такой красоты не признаю, отнюдь нет, а потому, что она не имеет ничего общего с наукой. Я имею в виду ту более глубокую красоту, которая кроется в гармонии частей и которая постигается только чистым разумом» [37, с. 292].

В другой своей работе Пуанкаре заявляет, что «выражающаяся математическими законами» универсальная гармония мира «и есть единственная объективная реальность, единственная истина, которой мы можем достигнуть, ... есть источник всякой красоты». И «потому-то мир и божественен, что он полон гармонии. Если бы он управлялся произволом, то что доказывало бы нам, что он не управляется случаем?» [38, с. 157–158].

«Пусть простят теоретика, – как бы оправдывается Арнольд Зоммерфельд (*нем.* Arnold Johannes Wilhelm Sommerfeld; 1868–1951), – который склонен ставить эстетический критерий на одни весы с экспериментами; но открытия последних 20 лет в области теории относительности и квантов часто показывали, что природа отдаёт предпочтение и математически наиболее совершенному решению, которое является и объективно верным» [28].



Арнольд Зоммерфельд

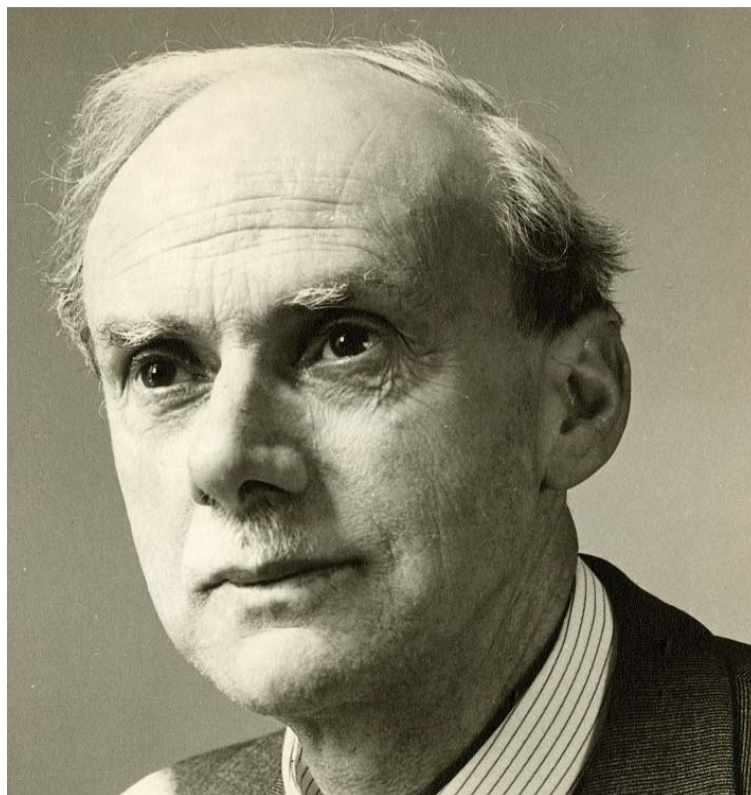
А вот мнение Поля Дирака (*фр.* Paul Adrien Maurice Dirac; 1902–1984):

«Природе присуща та фундаментальная особенность, что самые основные физические законы описываются математической теорией, аппарат которой обладает необыкновенной силой и красотой. ... Вы можете спросить: почему природа устроена именно так? На это можно ответить только одно: согласно нашим современным знаниям, природа устроена именно так, а не иначе. Мы должны просто принять это как данное» [26, с. 139].

Математическая красота имеет по Дираку эвристическую значимость и может служить путеводной звездой для творческих исканий:

«По-видимому, если глубоко проникнуть в сущность проблемы и работать, руководствуясь критерием красоты уравнений, тогда можно быть уверенным, что находишься на верном пути». Что до эмпирии, то «красота уравнений важнее их согласия с экспериментом», и небольшими расхождениями, по мнению Дирака, особенно огорчаться не стоит:

«Если же нет полного согласия между результатами теории и экспериментом, то не стоит слишком разочаровываться, ибо это расхождение вполне может быть вызвано второстепенными факторами, правильный учёт которых будет ясен лишь при дальнейшем развитии теории» [там же, с. 129].



Поль Дирак

С этим перекликается высказывание Вернера Гейзенберга (*нем.* Werner Karl Heisenberg; 1901–1976) о конфликте между эмпириком и теоретиком,

«творящим математические образы, с помощью которых он пытается упорядочить и тем самым понять природу, – математические образы, проверяемые не только по корректности описания эксперимента, но также, что более специфично, по их простоте и красоте. Именно эти критерии говорят о близости математических образов к истинным Идеям, лежащим в основе естественных законов природы» [22, с. 53].

Не ассоциируется ли это с платоновскими эйдосами? Тем более что

«Если попытаться сопоставить современные представления в области физики элементарных частиц с какой-либо прежней философией, то ею могла бы быть только философия Платона» [24, с. 59].

И, конечно, считает Гейзенберг, философия пифагорейцев, оказавшая глубокое влияние на Платона:

«...Современная физика идёт вперёд по тому пути, по которому шли Платон и Пифагор. Это развитие физики выглядит так, словно в конце его будет установлена очень простая формулировка закона природы, такая простая, какой её надеялся видеть ещё Платон» [23, с. 37].



Вернер Гейзенберг

Эти и великое множество других суждений со всей очевидностью свидетельствуют, что дух пифагорейской философско-математической доктрины сегодня жив и находится в полном здравии, претерпев за последние два с половиной тысячелетия лишь небольшие, в сущности, изменения. Следовательно, для физической теории математика, по мнению многих и в первую очередь наиболее крупных исследователей, действительно есть нечто большее, чем просто язык, или средство общения, хотя самое трудное начинается тогда, когда пытаются раскрыть это *нечто*.

Физические величины и математический аппарат (продолжение)

Продолжим на конкретных примерах обсуждение связей между первичными физическими величинами и математическим формализмом, что в концепции физической математики является, по сути, проблемой, относящейся к основаниям не только физики, но также математики. Идею «суверенной роли математики в физике» (Ю. Вигнер) постараемся наглядно показать на нескольких примерах в трёх различных срезах:

аналитические связи между физическими величинами

роль *математического фактора* при выборе исходных величин

попытки выведения положенных в основу теории *безразмерных констант*, в том числе с помощью числовой магии.

Нахождение *аналитических связей между произвольно заданными физическими величинами* может осуществляться формально-математически, посредством анализа размерностей. Имея размерности отдельных величин, нетрудно получить знаменитые формулы, например

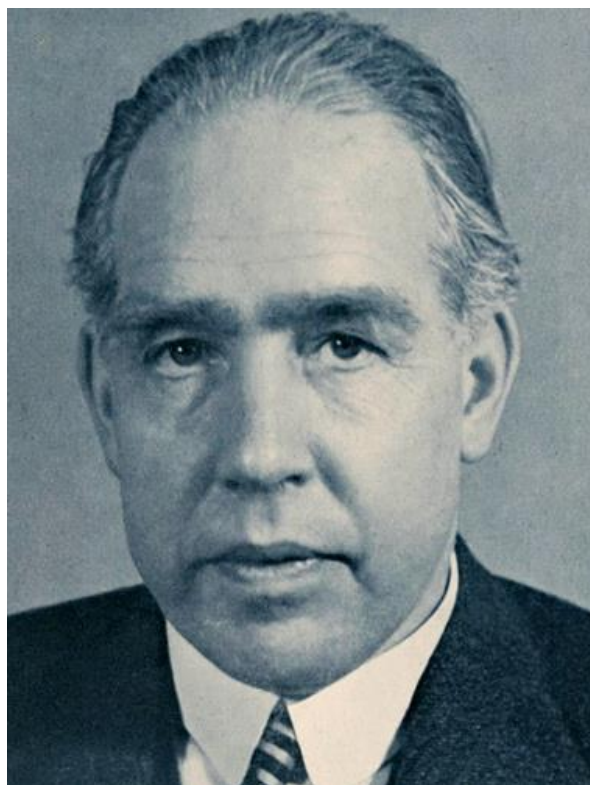
$$F = k_1 G m^2 / r^2, \quad E = k_2 m c^2, \quad E = k_3 h \nu$$

без всякой теории тяготения, СТО и квантовой механики (другое дело, откуда берутся величины G , c , h). Наличие безразмерных коэффициентов k_j ($j = 1, 2, 3$) означает, что анализ размерностей устанавливает связь между величинами лишь с точностью до безразмерного множителя, который в этих формулах равен 1, но в других случаях может сильно отличаться от единицы даже по порядку. Следующее ограничение касается количества связываемых величин, которое не должно превышать количества независимых уравнений размерностей, – в противном случае решение не будет однозначным. С некоторой натяжкой можно, очевидно, сказать, что всякая физическая теория строится в три этапа: *во-первых*, выделение постоянных и переменных величин определённой размерности, которые должны войти в основные уравнения теории, и выяснение математического типа этих уравнений (дифференциальные уравнения первого или второго порядка в частных производных, элементарные аналитические соотношения, векторные, матричные, тензорные уравнения и т.д.); *во-вторых*, анализ размерностей, связывающий величины, и обеспечение правильной размерности всех уравнений теории; *в-третьих*, вычисление всех безразмерных множителей k_j .

Исходная для данной теории физическая величина может задаваться совокупностью предъявляемых к ней как физических, так и *математических требований*. Допустим, мы хотим найти функцию состояния свободной частицы, движущейся для простоты вдоль оси x . Отношение $\lambda = h/p$, имеющее размерность длины, может быть интерпретировано по Л. Бройлю как длина волны частицы и считаться её фундаментальной характеристикой [14]. Потребуем теперь, чтобы искомая волновая функция частицы $\psi(x)$ была

- а) периодической, с периодом λ : $\psi(x \pm \lambda) = \psi(x)$,
- б) имела одинаковую амплитуду во всех точках оси x и ни в одной из них не обращалась в нуль.

Единственной функцией, отвечающей этим требованиям, является экспонента $\psi(x) \sim \exp(ip_x \hbar)$. Перед нами простейшее и легко обобщаемое на более сложные случаи выражение для знаменитой ψ -функции, или вектора состояния, квантовой механики, получаемое как решение физико-математической задачи, причем ψ в отличие от величин классической физики, принимающих значения лишь на множестве действительных чисел, является комплексной физической величиной. По этому поводу напомним, что мнимую единицу i содержит и четвёртая компонента *ict* четырёхмерного интервала пространственно-временного континуума, также получаемая как результат одновременного учёта физико-математических требований (постоянство скорости света, релятивистская инвариантность величин, псевдоевклидова геометрия). Кстати, появление комплексных чисел в теории относительности и квантовой механике указывает, по мнению Нильса Бора (*dam.* Niels Henrik David Bohr; 1885–1962) на «глубокое сходство лишённых непосредственной наглядности математических аппаратов обеих теорий», дающих «поразительную простоту обобщения классических теорий», которая, по его словам, «по существу основана в обоих случаях на введении условного символа $\sqrt{-1}$ » [12, с. 431].



Нильс Бор

Вспомним также о серии последовательных обобщений числовых множеств до уровня комплексных чисел и о невозможности дальнейшего обобщения понятия числа без отказа от его фундаментальных характеристик. Понятно, что наличие комплексных чисел, теории комплексного переменного является необходимым условием существования квантовой физики с её исходной ψ -функцией. В исторической ретроспективе появление квантовой физики в XX веке оказалось возможным благодаря изменениям в основаниях математики, имевшим место в XVIII веке. Хотя, вопреки ожиданиям, удовлетворительного объединения квантов с относительностью до сих пор нет, но знаменательно, что под общим натиском новых физических идей и требований математики стирается грань между действительными и комплексными числами как между числами физическими и нефизическими.

Суверенная роль математики в физике особенно заметна в «Фундаментальной теории» Артура. Эддингтона (*англ.* sir Arthur Stanley Eddington; 1882–1944) [57], которая с поправкой на эпоху созвучна пифагорейской традиции. Вместо магических чисел пифагорейцев здесь на переднем плане в качестве *безразмерных констант* такие натуральные числа как 136, 137, степени двойки включая 2^{256} , и с их помощью определяется не число планет в солнечной системе, а прежде всего безразмерные константы типа постоянной тонкой структуры (Зоммерфельда), отношение массы протона к массе электрона, число нуклонов во Вселенной, а в качестве фундаментальной физической величины фигурирует вектор полного импульса с девятью вещественными и шестью комплексными компонентами.

«Фундаментальная теория» успехом не увенчалась, однако концепцию поиска оснований физики и чистой математики подхватили другие. Можно думать, что Эддингтон был первым, кто не только в полной мере осознал роль безразмерных констант как связующего звена между математикой и физикой, но и попытался построить не *включающую константы фундаментальную теорию*, а *теорию констант* как *фундаментальную физическую теорию*, хотя найти истинные математические кирпичики для построения физических констант, а тем самым всей теории, ему не удалось.



Артур Эддингтон

Остаётся только коротко обозначить собственный подход – теорию ЛМФ, изложенную в ряде статей, в монографиях [7; 6], а в окончательном виде в книге [51]. Уже из аббревиатуры теории видно, что в ней реализуется идея единства логики (математической), математики (числовой) и физики (фундаментальной теории). Формализм теории ЛМФ представляет собой пятичленную иерархическую структуру, основу которой составляет расширенное исчисление предикатов, на котором, не выходя за круг исходных понятий, правил образования и преобразования, последовательно строятся система аксиом математики, система функциональных уравнений, основные физические коды (уравнения) и безразмерная система измерения физических величин. Используемая в формализме теории ЛМФ универсальная система аксиом математики имеет, наряду с другими, интерпретацию на множестве всех чисел. Решением функциональных уравнений являются восемь фундаментальных математических констант, включая одну совершенно новую – константу суперпозиции косинуса [8; 53; 51; 9; 52; 50] и две материнские функции математики – экспонента и логарифм. В четырёх физических кодах, в виде соотношений между фундаментальными физическими постоянными и переменными величинами закодированы основные физические уравнения. Безразмерная система измерения наделяет все физические величины их истинными числовыми значениями. Экспонента и обратная ей логарифмическая функции являются универсальной формой представления числовых величин, особенно значимых, что подтверждается на примере определяющей интенсивность взаимодействия 48 фундаментальных фермионов и бозонов константы Ферми G_F . В безразмерной системе измерения теории ЛМФ константа Ферми в экспоненциальной форме, с относительной точностью порядка 10^{-7} выражается числом e^{-48} ; перевод в экспоненциальную форму приводит здесь к совершенно удивительному результату, играющему решающую роль в деле верификации всей системы.

Часть III.

Исследования по основаниям науки

Современный интерес к основаниям науки обусловлен научными революциями XX века, появлением множества новых научных дисциплин, тенденцией к интеграции науки в противовес к усиливающимся процессам её дифференциации. Большую роль сыграли неудача с обоснованием математики путём её формализации и сведения к минимальному базису исходных элементов и правил, а также безуспешные попытки построения фундаментальной физической теории, призванной дать целостную картину физической реальности. Ограничившись обсуждением оснований математики и физики, как наиболее фундаментальных, структурно организованных и готовых к метатеоретическому рассмотрению областей науки, не следует забывать, что предметом изучения являются, вообще говоря, основания всей науки. Важно также отметить, что метатеоретические исследования, нацеленные на нахождение единой основы в многообразии теоретических и эмпирических знаний в рамках универсальных систем, имеют и большое эвристическое значение, определяя стратегию научного поиска, включение научного познания в общий культурный контекст данной исторической эпохи.

Проблема оснований науки, естественно, привлекла внимание многих исследователей и среди них есть немало звучных имён, упоминаемых и цитируемых в литературе по философии науки. В принципе, анализ научной деятельности каждого из этих авторов заслуживает по крайней мере объёмной статьи, рассмотрение же всех, достойных внимания работ может быть уже предметом солидной монографии или научной диссертации. Поскольку это выходит далеко за рамки нашей работы, мы остановимся лишь на идеях нескольких хорошо известных часто упоминаемых в соответствующей литературе авторов, касающихся ключевых проблем оснований науки и являющихся предметом многочисленных дискуссий, критических суждений и альтернативных подходов.

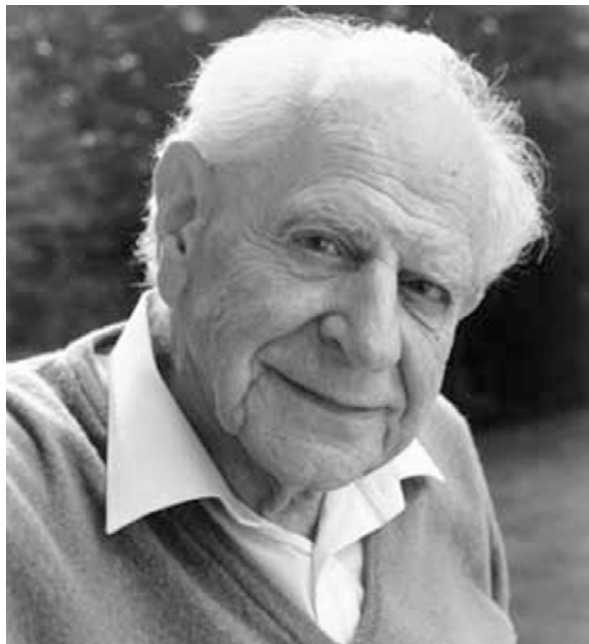
Карл Поппер о демаркации научного знания

Австрийский и британский философ и социолог **Карл Поппер** (нем. Karl Raimund Popper; 1902–1994) считается одним из наиболее влиятельных философов прошлого века. Не касаясь его творчества в целом, рассмотрим идеи Поппера относительно демаркации научного знания — отделения научного знания от ненаучного. Основными понятиями концепции Поппера являются *демаркация*, *верификация* и особенно *фальсификация*. Начнём с демаркации:

«Проблему нахождения критерия, который дал бы нам в руки средство для выявления различия между эмпирическими науками, с одной стороны, и математикой, логикой, а также "метафизическими" системами, с другой, я называю *проблемой демаркации*» [36, с. 30].

Возможно, кое-кто предпочёл бы говорить о различии между эмпирической наукой и чистой теорией или, скажем, между экспериментальной наукой с одной стороны, дедуктивными и спекулятивными системами с другой, но здесь это не важно. Дело ведь не в терминах, даже если научными Поппер считает только эмпирические системы: «...я, конечно, признаю некоторую систему эмпирической, или научной, только в том случае, если имеется

возможность её опытной *проверки*» [там же, с. 38]. С этим трудно согласиться логикам и математикам, которые сочтут такую позицию в лучшем случае недостаточно резонной. Впрочем, это скорее выглядит как увлечённость автора идеей жёсткого отграничения эмпирического знания от неэмпирического. А для выявления критериев демаркации надо сначала указать на возможные способы испытания теории на прочность.



Карл Поппер

«Можно, как представляется, выделить четыре различных пути, по которым происходит проверка теории. Во-первых, это логическое сравнение полученных следствий друг с другом, при помощи которого проверяется внутренняя непротиворечивость системы. Во-вторых, это исследование логической формы теории с целью определить, имеет ли она характер эмпирической, или научной, теории или, к примеру, является тавтологичной. В-третьих, это сравнение данной теории с другими теориями, главным образом, с целью определить, внесёт ли новая теория вклад в научный прогресс в том случае, если она выживет после её различных проверок. И наконец, в-четвёртых, это проверка теории при помощи эмпирического использования выводимых из неё следствий» [там же, с. 29].

Словом, необходима проверка теории на непротиворечивость, нетавтологичность, новизну и эмпирическую проверяемость. Здесь нет таких критериев, как простота и изящество теории, но указаны едва ли более важные непротиворечивость и нетавтологичность, хотя маловероятно, что кто-то станет всерьёз предлагать теорию, не отвечающую столь тривиальным условиям. Пожалуй, только последний из указанных Поппером «путей проверки теории» заслуживает серьёзного рассмотрения:

«Цель проверок последнего типа заключается в том, чтобы выяснить, насколько новые следствия рассматриваемой теории, то есть всё, что является новым в её содержании, удовлетворяют требованиям практики, независимо от того, исходят ли эти требования из чисто научных экспериментов или практических, технических применений. Процедура проверки при этом является дедуктивной. Из данной теории с помощью других, ранее принятых высказываний выводятся некоторые сингулярные высказывания, которые можно назвать «предсказаниями» («predictions»), в частности предсказания, которые легко проверяемы или непосредственно применимы. Из них выбираются высказывания, невыводимые из до сих пор принятой теории, и особенно противоречащие ей. Затем мы пытаемся вывести некоторое

решение относительно этих (и других) выводимых высказываний путем сравнения их с результатами практических применений и экспериментов. Если такое решение положительно, то есть если сингулярные следствия оказываются приемлемыми, или *верифицированными*, то теория может считаться в настоящее время выдержавшей проверку и у нас нет оснований отказываться от неё. Но если вынесенное решение отрицательное или, иначе говоря, если следствия оказались *фальсифицированными*, то фальсификация их фальсифицирует и саму теорию, из которых они были логически выведены.

Следует подчеркнуть, – продолжает Поппер, – что положительное решение может поддерживать теорию лишь временно, поскольку последующие возможные отрицательные решения всегда могут опровергнуть её. В той мере, в какой теория выдержала детальные и строгие проверки и она не преодолена другой теорией в ходе научного прогресса, можно сказать, что наша теория "доказала свою устойчивость" или, другими словами, что она "подкреплена" («*supported*») прошлым опытом» [там же, с. 29–30].

Высказанная в последнем абзаце идея о нескончаемости серии сменяющих одна другую теорий достаточно спорна. Никому не дано знать, вечен ли процесс смены научных теорий высокого, по крайней мере, ранга или же в какой-то момент этот процесс, как полагают некоторые, прекратится и всякое научное исследование будет вестись исключительно в режиме практических приложений и решения всевозможных задач на базе существующих теорий. В любом случае это вопрос схоластический, а главное здесь то, что непосредственно относится к проверке теории на пригодность. С большими сложностями может быть связана проверка следствий теории второго типа, например установление справедливости новой формулы или уравнения или испытание какой-то величины на абсолютную сохраняемость. Наиболее реальная возможность, открывающая прямую дорогу к попперовской верификации или фальсификации теории, связана с измерением численных значений физических величин. Добавим, что выводимые в теории «сингулярные высказывания» не следует понимать в узком смысле как результат чистой дедукции из приведённого к соответствующему виду формализма физической теории, как нечто вроде выводимых в логико-дедуктивных системах теорем. Это ещё и результат решения той или иной задачи, поставленной в рамках данной теории и решаемой исключительно её средствами.

Что касается измерения величин, то здесь всё просто – на словах, поскольку на деле процесс проверки может растянуться на многие годы или даже десятилетия. Допустим, какая-то величина B , известная с погрешностью ΔB , предсказывается в новой теории с существенно меньшей погрешностью $\Delta B' \leq \Delta B$. Экспериментальное подтверждение числового интервала $B \pm \Delta B'$ может считаться серьёзным аргументом в пользу теории, приводящей к такому значению. Если же новое, более прецизионное измерение окажется несовместимым со значением $B \pm \Delta B'$, это может существенно подорвать репутацию теории. Верифицируемость и фальсифицируемость это как две стороны одной медали, причём вторая сторона оказывается всё же важнее, поскольку высказанные автором и частично приведённые выше соображения приводят к убеждению, что

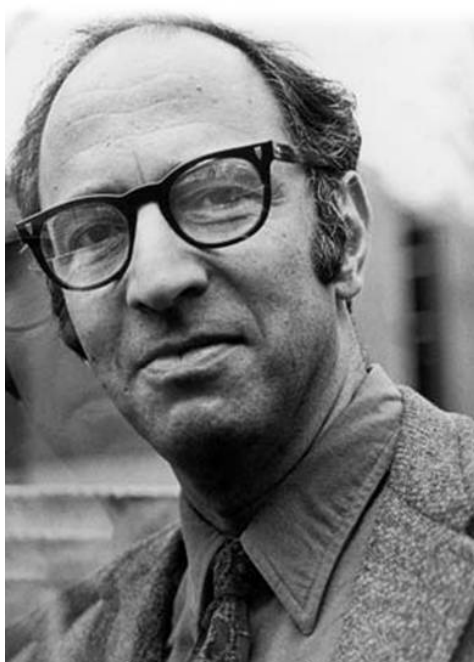
«не *верифицируемость*, а *фальсифицируемость* системы следует рассматривать в качестве критерия демаркации. Это означает, что мы не должны требовать возможности выделить некоторую научную систему раз и навсегда в положительном смысле, но обязаны потребовать, чтобы она имела такую логическую форму, которая позволяла бы посредством эмпирических проверок выделить её в отрицательном смысле: *эмпирическая система должна допускать опровержения опытом*» [там же, с. 38].

Нетрудно понять, что фальсифицируемость, поднятая на высоту критерия демаркации, тесно соприкасается с другими понятиями, в частности *степени точности при измерении* [там

же, с. 115] и *решающего* (crucial, decisive) *эксперимента*, прежде всего *решающего фальсифицируемого эксперимента*, подробное обсуждение которого можно найти в книге [64]. Против критериев демаркации Поппера могут быть выдвинуты и выдвигаются различные возражения, но, не углубляясь в эти дебри, мы лишь отметим, что демаркация научного знания – интересная тема и кроме общих положений здесь важны тонкости, выявляемые лишь детальным анализом различных аспектов проблемы. В любом случае, нужен взгляд со стороны, полезно иметь под рукой по возможности полный и подробный перечень требований, которым должна удовлетворять выдвигаемая научная теория или концепция и на примере попперовской концепции видно, что методология – это и рефлексия над научным знанием, и общая инструкция его построения, и дорожная карта, путеводитель по научному лабиринту.

Смена научных теорий по Куну

Ставшая уже научной классикой книга американского физика, историка и философа науки **Томаса Куна** (англ. Thomas Samuel Kuhn; 1922–1996) «Структура научных революций» [30] переведена на шестьдесят языков, издана и продана общим тиражом в миллион экземпляров и считается одной из самых цитируемых книг в истории науки [59]. Своей работой Кун привлёк внимание к *научным революциям* и ввёл в широкий оборот понятия *парадигма* и *смена парадигм*. Само понятие *парадигма* (от др.-греч. *παράδειγμα* – пример, модель, образец) известно давно, в том числе и в философии науки, но именно с подачи Куна оно стало общеупотребительным, хотя общепринятого определения парадигмы нет до сих пор. С некоторой долей условности можно полагать, что в современной философии и методологии под парадигмой чаще всего понимают признаваемую в данный момент большинством научного сообщества совокупность фундаментальных научных достижений, наряду с основными принципами, предпосылками, идеями, установками и соответствующим научным инструментарием. Под парадигмой можно также понимать одну или несколько теорий, считающихся фундаментальными на данном этапе истории. Примерами таких теорий в математике вправе считаться арифметика натуральных чисел и теория множеств, в космологии – пифагорейско-платоновская концепция космоса, геоцентрическая теория Птолемея, гелиоцентрическая модель солнечной системы Коперника, в физике – аристотелевская динамика, механика Ньютона, электродинамика Максвелла.



Томас Кун

Кун не использует понятие *основания науки*, предпочитая рассуждать о *парадигме* и *нормальной науке*. Приведём длинную цитату из книги Куна, в которой автор определяет основные термины своей концепции.

«В данном очерке термин "нормальная наука" означает исследование, прочно опирающееся на одно или несколько прошлых научных достижений – достижений, которые в течение некоторого времени признаются определённым научным сообществом как основа для его дальнейшей практической деятельности. В наши дни такие достижения излагаются, хотя и редко в их первоначальной форме, учебниками – элементарными или повышенного типа. Эти учебники разъясняют сущность принятой теории, иллюстрируют многие или все её удачные применения и сравнивают эти применения с типичными наблюдениями и экспериментами. До того как подобные учебники стали общераспространёнными, что произошло в начале XIX столетия (а для вновь формирующихся наук даже позднее), аналогичную функцию выполняли знаменитые классические труды учёных: "Физика" Аристотеля, "Альмагест" Птолемея, "Начала" и "Оптика" Ньютона, "Электричество" Франклина, "Химия" Лавуазье, "Геология" Лайеля и многие другие. Долгое время они неявно определяли правомерность проблем и методов исследования каждой области науки для последующих поколений учёных. Это было возможно благодаря двум существенным особенностям этих трудов. Их создание было в достаточной мере беспрецедентным, чтобы привлечь на длительное время группу сторонников из конкурирующих направлений научных исследований. В то же время они были достаточно открытыми, чтобы новые поколения учёных могли в их рамках найти для себя нерешённые проблемы любого вида. Достижения, обладающие двумя этими характеристиками, я буду называть далее «парадигмами», термином, тесно связанным с понятием «нормальной науки».

Вводя этот термин, я имел в виду, что некоторые общепринятые примеры фактической практики научных исследований – примеры, которые включают закон, теорию, их практическое применение и необходимое оборудование, – все в совокупности дают нам модели, из которых возникают конкретные традиции научного исследования» [там же, с. 28].

Таким образом, по Куну, *нормальная наука* представляет собой исследование, прочно опирающееся на признаваемые научным сообществом достижения, а парадигма это достижения, которые беспрецедентны и открыты. В другом месте сказано следующее:

«Под парадигмами я подразумеваю признанные всеми научные достижения, которые в течение определённого времени дают научному сообществу модель постановки проблем и их решений» [там же, с. 11].

Смена парадигмы и есть, по Куну, научная революция, то есть процесс не кумулятивный, а коренной реконструкции, сопровождаемый рождением «новой традиции нормальной науки» и изменением в мировоззрении учёных:

«Переход от парадигмы в кризисный период к новой парадигме, от которой может родиться новая традиция нормальной науки, представляет собой процесс далеко не кумулятивный и не такой, который мог бы быть осуществлён посредством более четкой разработки или расширения старой парадигмы. Этот процесс скорее напоминает реконструкцию области на новых основаниях, реконструкцию, которая изменяет некоторые наиболее элементарные теоретические обобщения в данной области, а также многие методы и приложения парадигмы. В течение переходного периода наблюдается большое, но никогда не полное совпадение проблем, которые могут быть решены и с помощью старой парадигмы, и с помощью новой. Однако тем не менее имеется разительное отличие в способах решения. К тому времени, когда переход заканчивается, учёный-профессионал уже изменит свою точку зрения на область исследования, её методы и цели» [там же, с. 120].

В подтверждение своего тезиса о революционном характере смены парадигм Кун приводит множество примеров из физики. В вольной интерпретации его основную мысль можно представить как утверждение о том, что кризис в науке преодолевается путём коренной реконструкции её оснований, с переходным периодом, когда преимущества новых идей ещё не вполне очевидны. Кун также отмечает недостаточность опытной проверки для выбора между конкурирующими научными теориями и полагает, что важными составляющими научного творчества являются интуиция, психология и соображения философского характера.

Книга Куна породила продолжающиеся по сей день дискуссии, в которых приняли участие многие видные философы и учёные. Предметом обсуждения и критики стали понятия *нормальная наука*, несколько расплывчато определённая Куном *парадигма*, релятивизм, социологизм и психологизм его взглядов. В ходе дискуссий затрагиваются различные аспекты проблемы оснований науки, касающиеся структуры научного знания, динамики её развития, стратегии научного поиска, исследовательских программ, особенностей перехода от старого знания к новому и тому подобное.

«Утончённый фальсификационизм» и развитие науки по Имре Лакатосу

Попперровский принцип фальсификационизма наполнил новым содержанием его ученик и последователь, английский философ венгерского происхождения, представитель критического рационализма **Имре Лакатос** (венг. Lakatos Imre, настоящие имя и фамилия Аврум Липшиц; 1922–1974). В написанной в форме школьного диалога книге «Доказательства и опровержения» [31], см. также [5], на примере теоремы Эйлера о связи между числом вершин, рёбер и граней многогранника, Лакатос использует логику догадок и опровержений в качестве примера рациональной реконструкции роста научного знания. Проводится мысль о том, что «математика не развивается как монотонное возрастание количества несомненно доказанных теорем, но только через непрерывное улучшение догадок при помощи размышления и критики, при помощи логики доказательств и опровержений».



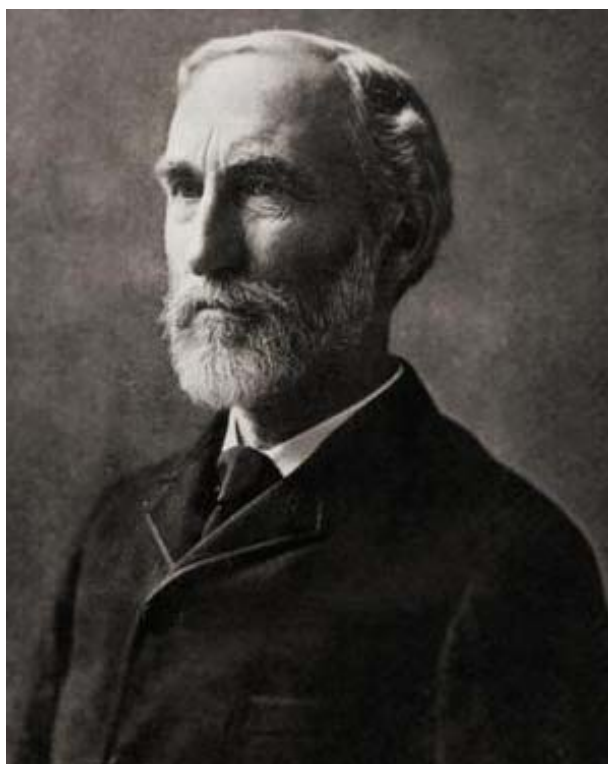
Имре Лакатос

Лакатос полагал, что метод рациональной реконструкции, изначально отличный от реальной истории и созданный специально в целях рационального объяснения развития научного знания, может быть переработан и применён к другим областям науки, в частности, анализу развития теоретической физики. Анализ научности исследовательской программы состоит, по Лакатосу, из трёх этапов: выдвижение рациональной реконструкции, её сравнение с реальной историей данной науки, критика рациональной реконструкции за несоответствие действительной истории и критический взгляд на историю – за отсутствие рациональности.

Ставшая предметом острой полемики книга Томаса Куна «Структура научных революций», а также несовершенство попперовской концепции фальсификационизма привели Лакатоса к идее, обозначенной им как «утончённый фальсификационизм», согласно которому отрицательный результат эмпирической проверки считается недостаточным для опровержения теории и отказа от неё. Для признания или непризнания теории требуется учёт и других факторов, помимо соответствия или несоответствия с экспериментальными данными. Для выбора между конкурирующими теориями необходима оценка их эвристического потенциала и перспектив развития.

В соответствии с хорошо известным, хотя не всеми признаваемым тезисом Дюгема–Куайна невозможно вывести окончательный вердикт относительно истинности теории. По П. Дюгему

«Физик никогда не может подвергнуть контролю опыта одну какую-нибудь гипотезу в отдельности, а всегда только целую группу гипотез. Когда же опыт его оказывается в противоречии с предсказаниями, то он может отсюда сделать лишь один вывод, а именно, что, по меньшей мере, одна из этих гипотез неприемлема и должна быть видоизменена, но он отсюда не может ещё заключить, какая именно гипотеза неверна» [27, с. 224].



Пьер Дюгем

В более радикальной формулировке У. Куайна, высказанной ещё в начале 50-х,

«Любое утверждение может рассматриваться как истинное, несмотря ни на что, если мы сделаем достаточно решительные корректировки в каком-то ином фрагменте теории» [65].



Уиллард Куайн

Тезис Дюгема-Куайна, в какой-то степени использованный в книге «Доказательства и опровержения», был модифицирован Лакатосом в рамках разработанной им новой методологии научно-исследовательских программ, основанной на идее универсальной логико-нормативной реконструкции развития науки. Рост «зрелой» науки рассматривается как смена непрерывно связанных теорий, обусловленная нормативными правилами исследовательских программ, предписывающих *«положительную эвристику»* – наиболее перспективные пути дальнейшего исследования и *«негативная эвристику»* – пути, которые следует избегать. Были введены два новых понятия: неизменяемое «жесткое ядро» *неопровергаемых фундаментальных допущений программы* и обеспечивающий сохранность «жесткого ядро», состоящий из вспомогательных гипотез «защитный пояс» теории, который допускает отдельные изменения и может быть частично или даже полностью заменён при столкновении с контрпримерами. Изменением имеющихся или добавлением новых вспомогательных гипотез нейтрализуются контрпримеры, устраняются аномалии теории и увеличивается её эмпирическое содержание, которое может иметь и эмпирическое подтверждение.

Анархистская философия науки Пола Фейерабенда

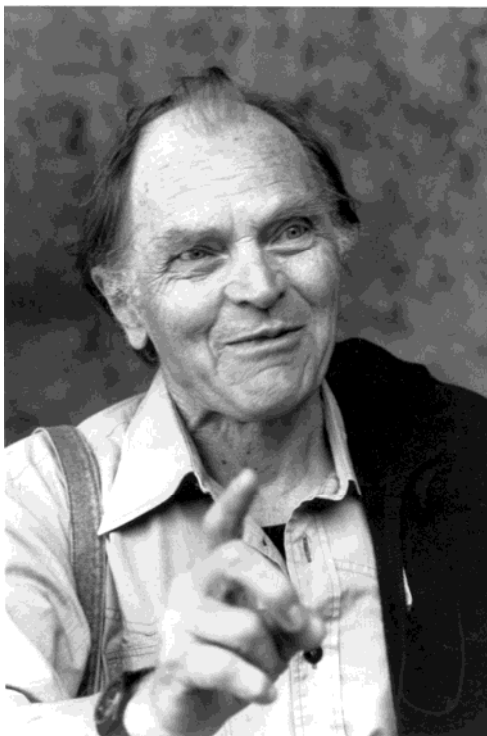
Одним из наиболее ярких и радикально настроенных представителей постпозитивизма является родившийся в Австрии учёный и философ науки **Пол (Пауль) Фейерабенд** (нем. Paul Karl Feyerabend; 1924–1994). Его главный труд «Против метода. Очерк анархистской теории познания» [43], изданный в 1975 году и посвящённый памяти скончавшемуся за три года до этого Лакатоса, представляет, по словам Фейерабенда,

«первую часть книги о рационализме, которую мы хотели написать вместе с Имре Лакатосом. Я должен был нападать на рационалистскую позицию, Имре – отстаивать защищать её, парируя мои аргументы» [там же, с. 17].

Фейерабенд не особенно жалуется на анархистскую философию, но является убеждённым сторонником анархизма в области эпистемологии и философии науки:

«Наука представляет собой по сути анархистское предприятие: теоретический анархизм более гуманен и прогрессивен, чем его альтернативы, опирающиеся на закон и порядок.»

Данное сочинение написано в убеждении, что, «хотя *анархизм*, быть может, и не самая привлекательная *политическая* философия, он, безусловно, необходим как *эпистемологии*, так и *философии науки*» [там же, с. 37].



Пол Фейерабенд

Фейерабенд отрицает существование общих методологических правил, которых придерживаются учёные в своей деятельности. Не существует, по его мнению, единого, основанного на традиции научного метода, который сковывает инициативу учёного и ограничивает научный прогресс. В качестве единственно допустимого принципа провозглашается анархистский лозунг «*все дозволено*» (в английском издании – *anything goes*, «все сойдётся», «все сойдёт», в немецком – *tach, was Du willst*, «делай, что хочешь»). Фейерабенд выступает против строгого принципа фальсификации или «наивного фальсификационизма» (по терминологии Лакатоса), который «уничтожил бы известную нам науку и никогда не позволил бы ей начаться» [там же, с. 176]. Признание объективной истины расценивается им как догматизм, отвергается преемственность в развитии научного знания, которое представляется как нагромождение произвольных переворотов, лишённых объективных оснований и рационально не объяснимых. Фейерабенд считает неприемлемой модель объяснения, которая опирается на инвариантность терминов в ходе процесса объяснения, поскольку в действительности принятие новой теории трансформирует ранее принятые понятия и факты, новые теории несовместимы со старыми и являются их отрицанием. Если же нужно выбрать между двумя конкурирующими теориями одинаковой степени убедительности, то выбор той из них, которая совместима со старой теорией, будет скорее эстетическим, чем рациональным.

Отвечая на поставленный им вопрос о ценности науки, Фейерабенд отмечает, что хотя науке мы обязаны невероятными открытиями, проясняющими наш дух и улучшающими нашу жизнь, но в то же время наука вытесняет позитивные достижения более ранних эпох и вследствие этого лишает нашу жизнь многих возможностей. Отсюда делается такой вывод:

«Сказанное о науке справедливо в отношении известных нам сегодня мифов, религий, магических учений. В своё время они также приводили к невероятным открытиям, также

решали проблемы и улучшали жизнь людей. ... Поэтому необходимо пересмотреть наше отношение к мифу, религии, магии, колдовству и ко всем тем идеям, которые рационалисты хотели бы навсегда стереть с лица земли» [там же, с. 26, 299].

Несмотря на свой крайний радикализм, релятивизм Фейерабенда, его эпистемологический анархизм оказал определённое влияние на позиции Куна, Лакатоса и других авторов в области философии науки.

Некоторые замечания о постпозитивистской философии науки

Перед тем как продолжить, выскажем связанные с предыдущим изложением некоторые соображения, касающиеся постпозитивистской философии науки в целом и навеянные, в частности, знакомством с концепциями Куна и Фейерабенда.

Наука в пору её расцвета и бурного роста, сопровождаемого коренными изменениями в технике и жизни общества, повсеместно рассматривалась как основной источник познания мира. Науке, прогресс которой был преимущественно обусловлен внутренними импульсами её развития, как правило, приписывался статус самодостаточной, суверенной области человеческой деятельности. Не возникало особых сомнений в непрерывном прогрессе научного познания мира посредством всё более точных и соответствующих объекту исследования методов, теорий и моделей, с целью давать нам объективное, строгое и, по крайней мере частично, истинное знание.

Подобное идиллическое представление о суверенном статусе науки было радикальным образом разрушено в прошлом веке, что нашло своё отражение в постпозитивистской философии и методологии науки. Почти бесследно исчез ореол исключительности, некогда окружающий людей науки и научное познание, которое было опущено до ранга одного из социальных институтов, со всеми вытекающими отсюда последствиями. В качестве характерных признаков социологического подхода к науке можно указать на отказ от аксиологической нейтральности науки, что ранее считалось одной из самых сильных сторон её объективности. Получили широкое распространение идеи тотального релятивизма по отношению к научному знанию, которому стал настойчиво навязываться внешний по отношению к нему социальный контекст. Понижилась роль аксиоматического метода и экспериментального исследования, меньше стали уделять внимание таким особенностям точных наук как логическая непротиворечивость, полнота, разрешимость, а также соответствие с экспериментом и предсказание новых явлений и фактов. В центре внимания оказались вопросы, связанные со взаимодействием науки с материальными, идеологическими, религиозными, этическими и прочими факторами, влияющими на жизнь общества. В своем крайнем толковании наука стала рассматриваться не как источник объективного знания, а как служанка, обслуживающая экономические, идеологические, политические и культурные интересы властей. Наконец, стала размываться чёткая грань между наукой с одной стороны и ненаукой, псевдонаукой, лженаукой – с другой. Научное познание стало ставиться в один ряд с религиозным и даже мифологическим описанием мира, астрофизика – с астрологией, медицина – с ведовством.

Словом, в общественном сознании, особенно в философии и методологии науки, сложилось представление о научном познании, частично или полностью отвергающее такие краеугольные камни классического понимания, как суверенная роль науки в качестве основного и объективного источника знания о мире, непрерывный прогресс научного знания и поиск истины с последовательным и неуклонным приближением к ней.

Попробуем теперь указать на некоторые обстоятельства, причины и факторы, приведшие ко столь радикальным изменениям в философии и методологии науки, которые в большей или

меньшей степени нашли своё выражение в концепциях рассматриваемых в данной части книги авторов.

1. Лучезарный оптимизм и надежды прошлого относительно того, что прогресс науки и техники не просто облегчит жизнь людей, а приведёт к светлому будущему, к гуманизации, смягчению общественных нравов, прекращению войн, победе над бедностью и т.д. столкнулись с жестокими реалиями современной эпохи. Технический прогресс налицо, но вместе с тем он привёл к созданию и применению таких разрушительных средств массового поражения людей, как ядерное, ракетное, химическое, бактериологическое оружие. Эпоха гуманизма так и не наступила, вместо этого – общество потребления со слабо выраженным стремлением и интересом к философии и вообще к знаниям мировоззренческого уровня, типичным для интеллектуалов ушедшей эпохи. Войны отнюдь не прекратились и приняли более губительный и ожесточённый характер. Бедность не побеждена, а к прочим бедам добавились экологические проблемы, которые становятся все более острыми и трудноразрешимыми.

2. «Поход за точностью» (выражение Э. Агацци), предпринятый в конце XIX и начале XX века целой плеядой ярких представителей науки и философии, не привёл к желаемым результатам. Все попытки сведения математики к тому или иному минимальному базису успехом не увенчались: теоретико-множественная концепция обоснования математики, как и программы логицизма, формализма и интуиционизма, как мы знаем из первой части настоящей работы, поставленной цели не добились. Безуспешными оказались и попытки унификации научного знания, предпринятые представителями логического позитивизма и позитивизма в целом. Потерпела полный крах концепция физикализации научного познания, невыполнимой и несостоятельной оказалась идея сведения предложений науки к неким «протокольным суждениям». Тщетность всех этих усилий подорвала веру в единство научного знания и породила глубокий скепсис относительно достижимости подобных целей. Точные науки стали представляться не такими уж точными. Наука, даже такие её фрагменты как математика и физика, стала мыслиться не как состоящий из органически связанных между собой частей цельный познавательный монолит, а, скорее, как конгломерат системно не связанных отдельных дисциплин, лишённых надёжной логико-методологической основы. Это в свою очередь породило глубокий мировоззренческий кризис, сопровождаемый потерей в обществе интереса к научному познанию и появлению принципиально новых, в том числе весьма экстравагантных, концепций в философии науки, о которых сказано выше и будет сказано ниже.

3. Отдельно следует сказать о кризисе в основаниях физики, традиционно считающейся признанным лидером всего естествознания. Основанием физики, по сути, является фундаментальная теория всего физического универсума с всей её онтологией, математическим аппаратом и его содержательными интерпретациями, философским, логико-методологическим окружением. В своё время фундаментальной теорией считалась классическая механика, породившая такой принимаемый всеми философский, мировоззренческий, общекультурный феномен, как концепция механицизма, механистическая картина мира, значение и влияние которой выходило далеко за пределы собственно физики. Обо всём этом подробно сказано во второй части книги и здесь лишь отметим, что отсутствие фундаментальной физической теории можно считать серьёзным фактором, способствовавшим появлению философии науки в её нынешнем виде, то есть с сильным социологическим привкусом в ущерб рациональности.

4. Многолетний застой в фундаментальной науке в то же время сопровождается бурным развитием техники, технологий, основанных на принципах существующих теорий и фактически являющихся их материальной реализацией. Радикальный пересмотр традиционного, классического понятия науки означал в философии науки решительный дрейф

в сторону повышенного внимания не только к социологическому, но также технологическому контексту науки. В результате получило распространение использованное и популяризованное в 1953 году в работе [54] французским философом и искусствоведом **Гастоном Башляром** (фр. Gaston Bachelard; 1884–1962) и позже подхваченное другими понятие *технонаука*. Техника, по существу, является производной от науки, продуктом научных достижений, хотя последние всегда зависели и зависят от применяемых в процессе исследования технологий. В условиях отмеченных выше застоя в фундаментальной науке и ревизии её традиционного понимания взаимосвязь между двумя взаимозависимыми, хотя онтологически неравноправными субъектами привела к их слиянию в не совсем обычное понятие-кентавр, достаточно широко используемый ныне в философии науки при анализе её специфики и оснований.

Как ни тяжело рационально мыслящему учёному или философу признавать, но старое, доброе, классическое понимание науки кануло в Лету и рассуждать о науке и её основаниях без учёта социологического и, в меньшей мере, технологического факторов уже не представляется возможным. Другое дело, в каком виде, в каких пропорциях преподносятся эти «блюда» и в какой степени оказывается при этом подавленным рациональный контекст в понимании науки и её оснований.

Реализм Эвандро Агацци

Против крайностей различных подходов, полагая односторонними как модель научного прогресса логического эмпиризма, так и исторический подход к методологии науки Куна, Лакатоса и других, выступает итальянский философ и логик, представитель реализма в философии науки **Эвандро Агацци** (итал. Evandro Agazzi; 1934). В творчестве Агацци рассматривается, помимо прочего, ряд вопросов, представляющих для нас особый интерес: кризис оснований математики и физики, взаимосвязь между наукой и философией, динамика науки в свете научного прогресса, сравнения и смены научных теорий, их соизмеримость и несоизмеримость ...



Эвандро Агацци

Посмотрим вначале, как Агацци определяет ключевые понятия *наука*, *философия науки*, *методология*, *технонаука*.

Определение науки. «Прежде всего следует по крайней мере признать, что наука, даже в соответствии с её традиционным пониманием, рассматривается как поиск истины, и это как раз является той специфической ценностью, которая должна характеризовать научную деятельность. ... Наука – сложная реальность, несводимая к одному только когнитивному измерению. Ибо, в то время как, с одной стороны, её можно рассматривать как великую систему знания, с другой стороны, она составляет сложную систему деятельности, которая, как таковая, взаимодействует со всеми материальными, институциональными, идеологическими, этическими, религиозными факторами, движущими и влияющими на жизнь общества» [2; с. 49, 50, 51].

Определение философии науки. «Мы будем понимать философию науки в ее современном смысле, т.е. не в общем смысле "философских размышлений о науке", но как обозначение особой ветви философии, как специфическую философскую дисциплину, приобретающую также академический и профессиональный статус. ... Современная философия науки есть философское исследование, ограниченное тематически почти исключительно единственным предметом – наукой (или какой-то конкретной отраслью науки) – и использующее интеллектуальные средства, заимствуемые из других разделов философии, но применяемые как орудия для понимания науки и лишь в той мере, в какой они так применяются» [там же, с. 40].

Определение методологии. «Специфическим предметом интереса для методологии является познание, знание, и мы видели, что её тесная связь с наукой никоим образом не случайна: она сопровождала эволюцию самого понятия науки. Именно по этой причине бурный рост методологии в последнем столетии питался введением и развитием новых методов как в философии, так и в некоторых специальных дисциплинах, на основе очень плодотворной обратной связи» [1, с. 64].

Определение технаук. «Не только верно, очевидно и хорошо известно, что современная технология есть до известной степени "прикладная наука", но не менее верно и то, что современная наука в высокой степени зависит от достижений высокой технологии. Это взаимоотношение уже пару столетий могло рассматриваться как "взаимопомощь", но оно стало подлинным симбиозом, когда естественные науки стали ... науками о ненаблюдаемых. На самом деле эти ненаблюдаемые были таковыми только по отношению к невооруженным человеческим органам чувств, но очень многие "ненаблюдаемые объекты" могут "наблюдаться" в другом (и научно более точном смысле) с помощью различных приборов. Поэтому правильно называть современную науку технаукой – неологизм, введенный по разным поводам несколько десятков лет назад, но очень хорошо соответствующий специфической природе современной науки» [2, с. 45].

Уже из приведённых отрывков видно, что Агацци является умеренным сторонником традиционного подхода к науке, её философии и методологии, не отрицая однако роль социологических и технологических факторов. Он исходит из разработанной им концепции нелинейности научного прогресса, а в качестве самого серьёзного недостатка логико-аналитической парадигмы отмечает её неадекватность для понимания динамики науки. Точнее, перехода от одной теории к другой, представления о переменах в науке, о прогрессе науки, в особенности потому, что доктрина «нагруженности теорией» всякого научного понятия делала невозможным принятие эксперимента в качестве критерия выбора между соперничающими теориями [там же, с. 45].

Явно недостаточен, по мнению Агацци, и социологический подход, предлагаемый, в частности, Куном и Фейерабендом. Кратко излагая концепцию Куна относительно смены научных парадигм и касаясь максималистской позиции Фейерабенда с точки зрения научного прогресса, Агацци заявляет:

«Эта концепция делает научное знание полностью зависимым от случайного микросоциального контекста научных сообществ, почти полностью принижая значение критериев, обеспечивающих хотя бы минимальную степень объективности такого знания. В результате научные теории становятся несоизмеримыми и несравнимыми, так что исчезает само понятие научного прогресса. И более того – становится невозможным обоснование каких-либо объективных критериев, которые могли бы отличить науку от ненауки, оценить астрономию выше астрологии, научно обоснованную медицину выше ведовства (как утверждал Фейерабенд)» [там же, с. 45, 46].

Рассуждая о кризисе доверия к технотехнике, Агацци отмечает, что в отличие от прошлого, когда на науку смотрели как на

«существенный фактор прогресса человечества, на нее начали смотреть с подозрением, как на скорее негативный элемент, способный угрожать самому существованию человечества. Возможно, конечно, – продолжает автор, – указать на то, что и реально нанесённый ущерб, и гипотетические опасности связаны с определенными техническими реализациями, а не с научным знанием. Однако в силу ... единства технотехники нельзя отрицать, что мы можем в лучшем случае концептуально отличать науку от техники, но не разделить их, а в обыденном восприятии они легко отождествляются. Вследствие этого негативное суждение о технике ... распространилось также и на науку, подрывая то, что раньше воспринималось как фундаментальный принцип западной культуры, а именно *аксиологическую нейтральность* науки, что считалось сильной стороной ее *объективности*» [там же, с. 49].

Что касается соизмеримости теорий, их сравнения и смены одной теории другой, то из трудов Агацци следует, что теоретическая нагруженность относится только к *контекстуальной* компоненте понятия, в то время как второй компонент – *референциальный* образует неизменное ядро значения понятий, что даёт возможность сравнения теорий. Если при переходе от одной теории к другой референт не меняется, то данные теории сравнимы, в противном случае они несоизмеримы, поскольку относятся к разным объектам. В этом случае научный прогресс состоит в аккумулировании разрозненных научных истин, при этом каждая истина ограничена определённой областью объектов и является подлинно истиной лишь в этих пределах.

Фиксируя недостаточность взятых в отдельности логико-аналитического и социологического подходов, Агацци фактически предлагает сотрудничество двух подходов при определённых условиях: «эти два подхода могут и должны сотрудничать при условии отказа от некоторых установок "ранее принятого" взгляда» [там же, с. 45]. Конечно, наука – сложный феномен. Переплетение науки с техникой, с промышленным производством, находящимся под значительным социальным воздействием, как и ряд других, влияющих на науку факторов не позволяют сводить её к *когнитивному* (в терминологии Агацци) контексту, упрощённо понимая только как *систему знаний*. Однако, как постоянно подчёркивает Агацци, преувеличенное представление о зависимости науки от её социального окружения ведёт к радикальному релятивизму, отрицанию научного прогресса, исчезновению понятий истинности и научной объективности, исчезновению «критериев, способных оправдать предпочтение не только одной научной теории перед другой, но и научных форм знания перед псевдонауками» [там же, с. 48].

Таким образом, концепция Агацци это фактически компромисс между различными подходами к науке, её основаниям, с явно выраженным акцентом на традиционное понимание, но с обязательным учётом новейших веяний в философии науки. Следует также добавить, что Агацци, едва ли не *последний из могикан* в плеяде известных и широко цитируемых авторов в области философии и методологии науки.

Исследования других авторов

В завершение настоящей работы попытаемся контурно очертить идеи и критические соображения некоторых авторов, связанные преимущественно со взглядами Поппера относительно демаркации научного знания, но чаще с концепцией Куна о смене парадигм, и затрагивающих различные грани многоликой проблемы оснований науки. Какими бы спорными, уязвимыми, как, впрочем, и любое исследование подобного рода, для критики оппонентов (которая, разумеется, не замедлила появиться) ни были идеи Поппера, Куна, Лакатоса, Фейеерабенда они заметно повысили интерес к проблемам оснований науки, способствовали появлению новых оригинальных концепций. Особенно велико влияние указанной книги Куна, которая вышла в свет более полувека назад, но по-прежнему является научным бестселлером.

Тезис о несоизмеримости теорий, социологизм и релятивизм Куна подверглись критике с разных сторон, в том числе с позиций американского философа науки **Ларри Лаудана** (Larry Laudan: 1941). В любой концепции оснований науки так или иначе возникает потребность метатеоретического осмысления фундаментальных понятий, принципов, идей и образов, определяющих приоритеты научного поиска, стратегию исследования и их историческую изменчивость. То, что Томас Кун обозначил как *парадигму*, у Ларри Лаудана анализируется как *исследовательская традиция*, характеризующая совокупностью принимаемых методологических и онтологических допущений и запретов. Представитель постпозитивизма Лаудан, опираясь на некоторые идеи И. Лакатоса и С. Тулмина, о котором будет сказано ниже, и, критикуя тезис Куна о несоизмеримости теорий, предлагает неорационалистический вариант методологии науки, призванный «восстановить в правах научную рациональность» [61]. Предложенная Лауданом «сетчатая модели обоснования», отвергая куновский тезис о несоизмеримости теорий, «революционной науке» и «нормальной науке», направлена на поиск гармонического синтеза дискретного и непрерывного в развитии науки. В концепции неорационалиста и «когнитивиста» Лаудана реконструкция научного знания требует прежде всего методологического анализа целей и ценностей науки, находящейся в процессе эволюции. Хотя научное знание взаимодействует с социокультурным контекстом и связано с социологическими интерпретациями, однако этот фактор, как и в концепции Агасси, всё же вторичен.



Ларри Лаудан

С критикой релятивизма Куна выступил британский философ аналитического направления постпозитивистского периода **Стивен Тулмин** (англ. Stephen Edelston Toulmin; 1922–2009). Выступая против неопозитивистской программы обоснования научного знания, он предлагает исторический подход к научно-исследовательским процессам. Наука, по Тулмину, двойственна: это и совокупность интеллектуальных дисциплин и профессиональный институт. Тулмин критикует идею Куна относительно развития науки как революционного процесса и предлагает эволюционную модель развития науки, напоминающую дарвиновскую теорию эволюции, широко используя при этом аналогию с её понятиями [41]. В эволюционной модели развитие науки представляется как инновация – появление различных вариантов теории и как отбор – выживание наиболее стабильных теорий, которые рассматриваются как «популяции» понятий. Эволюция «концептуальных популяций» связана как с внутринаучными, так и вненаучными факторами, которые являются дополняющими друг друга сторонами эволюционного процесса. Решающую роль здесь всё же играют рациональные факторы, носителями которых являются представители научной элиты, от которых главным образом зависит успешность «искусственного» отбора и «выведение» новых «популяций».



Стивен Тулмин

Вопросы, связанные со структурой науки и возникновением научного знания, исследовал родившийся в Германии американский физик, философ и историк науки **Джеральд Холтон** (англ. Gerald Holton; 1922). Холтон много лет занимался изучением научного творчества Эйнштейна и считается одним из наиболее авторитетных специалистов в этой области историографии. Он также является автором статей об Иоганне Кеплере, Нильсе Боре, работ по истории физики, но прежде всего известен как создатель «тематического анализа». Поставленную перед собой исследовательскую задачу Холтон определяет следующим образом: «Я пытаюсь произвести тщательный анализ той фазы работы учёного, в которой происходит зарождение новых идей» [46, с. 7]. Основными понятиями концепции Холтона являются *тема* и *тематический анализ*. Холтон не даёт чёткого определения «темы», но фактически под этим понимается то, что лежит в основе науки, научного познания, влияет на способ решения фундаментальных проблем и составляет основу индивидуальных предпочтений, отдаваемых учёным той или иной гипотезе: фундаментальные понятия,

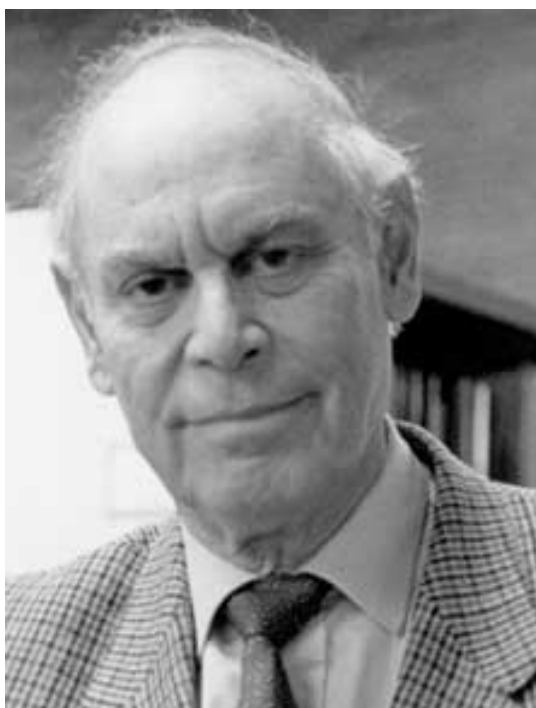
обобщённые модели, программа исследований, эвристические правила, определяющие постановку вопроса. Что касается тематического анализа, то он

«даёт возможность находить в развитии науки определённые черты постоянства или непрерывности, некоторые относительно устойчивые структуры, которые воспроизводятся даже в изменениях, считающихся революционными, и которые подчас объединяют внешне несоизмеримые и конфронтирующие друг с другом теории» [там же, с. 9].

Двумя другими ключевыми понятиями *тематического анализа*, являются *событие* и *траектория*:

«Я стараюсь рассматривать любой результат научной деятельности, опубликованный или неопубликованный, в качестве некоторого «события», расположенного на пересечении тех или иных исторических «траекторий» — таких, как по преимуществу индивидуальные и осуществляющиеся наедине с самим собой личные усилия учёного; «публичное» научное знание, разделяемое членами того сообщества, в которое входит этот учёный; совокупность социологических факторов, влияющих на развитие науки, и, несомненно, общий культурный контекст данного времени» [там же, с. 8].

Характерной особенностью концепции Холтона, в отличие от точки зрения Куна, можно считать особое подчёркивание роли обеспечивающих преемственность знания инвариантных структур в частой смене научных теорий.



Джеральд Холтон

В заключение необходимо отметить, что, хотя в последние десятилетия большинство работ вышли на английском, широкий спектр проблем анализировался и русскоязычными авторами, при этом

«В отечественной философии науки проблематика оснований науки исследовалась как в аспекте внутренней структуры и динамики научного знания, так и в аспекте его социокультурной обусловленности, что позволило более аналитично представить структуру и функции оснований науки» [40]. Но это уже тема отдельного разговора.

Заключение

Завершим с того, с чего начали, добавив некоторых соображений и выводы, касающихся работы в целом. Надо признать, что в наше время, которое многие характеризуют как эпоху постмодерна, интерес к науке, научному познанию заметно упал. На то есть немало причин: прагматизм постиндустриального общества с его склонностью к потребительству и примату материального над духовным; потеря веры в чудодейственную силу науки, развитие которой должно было привести к смягчению общественных нравов, решению многих социальных пороков и язв общества; застой в фундаментальной науке и отождествление науки с технонаукой; создание технонаукой всё более разрушительных и применяемых на практике средств массового уничтожения людей; отрицательное воздействие стимулированного развитием технонауки производства, угрожающее катастрофическому нарушению баланса в природе. Сюда следует прежде всего добавить, что наука фактически перестала играть присущую ей в прошлом мировоззренческую функцию, в наиболее же радикальном понимании её роли как способа познания внешнего мира она ставится в один ряд с религией, мифологией, ведовством, а также лженаукой, лишёнными эмпирической и доказательной базы спекулятивными построениями. Словом, очевидно, что престиж научного познания в глазах научного сообщества и общества в целом понизился, что стало поводом для появления в философии науки, частично представленный нами, весьма экстравагантных концепций релятивистского характера касательно её роли и значения, смены парадигм и путей развития, объективности научного познания и т. п.

В то же время, за последние сто лет число учёных, которых сейчас предпочитают именовать научными работниками (включая сюда и обслуживающий науку технический персонал) увеличилось на несколько порядков. На развитие науки выделяются немалые средства, политические и общественные деятели всех рангов не перестают говорить об огромной роли науки в жизни цивилизованного общества. Существует неисчислимое количество научных учреждений и объединений разного калибра и профиля. Издаётся несметное количество индексируемых журналов и периодических изданий, в том числе по философии, методологии, основаниям науки, наряду с научно-популярными изданиями и множеством всевозможных публикаций по «альтернативной науке», околonaучных, псевдонаучных и откровенно невежественных работ, заполняющих просторы интернет-пространства. По всему миру регулярно проводятся многочисленные конференции, симпозиумы, семинары, присуждаются различные престижные и не очень научные премии и награды. Короче, жизнь бьёт ключом на отведённой под науку территории, напоминающей интеллектуальную резервацию, обитатели которой разделены на изолированные группы, говорящие на разных языках и плохо понимающие друг друга.

Но, как и в жизни отдельных людей, народов и государств, так и в научной сфере, падения сменяются взлётами, зима сменяется весной. Постмодерн, с его потребительскими стандартами жизни и попыткой заменить науку *технонаукой*, отводит ведущую роль стремительно прогрессирующей технике и отодвигает научное познание на задний план. Между тем, вся современная техника основана на научных достижениях и существуют определенные пределы для технического прогресса, связанные с развитием самой науки, в первую очередь фундаментальной. Однако в контексте настоящей работы важно другое. Никакой постмодерн не может убить неистребимую тягу к пониманию основ бытия наиболее любознательных и пытливых умов, жаждущих получить внятные ответы на вечные вопросы, касающиеся единства и внутренних механизмов устройства окружающего нас мира.

Наблюдаемые, хотя относительно слабо выраженные в современном научном познании интегративные тенденции далеко не в последнюю очередь направлены на восстановление наукой её мировоззренческих функций, создание единой и приемлемой для большинства

исследователей и любителей науки картины мира. Между тем, неудачи с обоснованием математики и построением фундаментальной теории породили глубокий скепсис в рядах учёных и философов науки относительно перспектив развития фундаментальной науки. Наиболее ярким и последовательным представителем подобных упаднических настроений можно считать Поля Фейерабенда с его «хулиганской» концепцией отрицания объективности научного познания и его онтологического статуса. Однако «червь сомнения» в той или иной степени гложет и других, частично представленных в третьей части работы исследователей в области философии и методологии науки, за исключением, быть может, реалиста Э. Агацци.

Это вполне закономерно, поскольку приходится констатировать, что радужные надежды на реальный прогресс фундаментальной науки самых светлых умов человечества – выдающихся учёных-философов, не оправдались. Как мы знаем, все титанические попытки сведения математики к минимальному базису и построения единой теории физического мира успехом не увенчались. Это в свою очередь не могло серьёзнейшим образом не отразиться на философии науки, которая, по сути, является рефлексией над научным знанием, исследующим его основания, призванным найти единство в многообразии научных теорий и конструкций, наметить перспективы их развития. Тем не менее, авторы настоящей работы придерживаются той точки зрения, согласно которой нет достаточных оснований считать, что *Большая наука* исчерпала все свои возможности и речь в дальнейшем может идти только о решении задач частного типа и развитии технологий на базе уже существующих и работающих научных теорий и эмпирических моделей.

Разумеется, как отмечалось выше, характерная, например, для XIX века эпоха лучезарного оптимизма относительно непрерывности и бесконечности научного познания – позади и едва ли когда-нибудь вернётся, хотя бы и в новом обличье. Не говоря уже о том, что «мировоззренческий рай» древних греков, рассматривающих Вселенную как единый организм, состоящий из органически взаимосвязанных частей целого, потерян уже навсегда. Мир оказался значительно сложнее, чем полагали мыслители и энтузиасты далёкого и недавнего прошлого. Никак не удаётся докопаться до глубинной первоосновы мироздания, как не удаётся решить проблемы, связанные с обоснованием математики, являющейся универсальным языком и, наряду с логикой краеугольным камнем в его общей иерархической структуре научного знания. Одна из стоящих перед авторами настоящей работы важнейших целей – показать всю сложность решения указанных задач. Всё же ещё раз следует отметить, что мы не исходим из мысли о невозможности дальнейшего прогресса фундаментальной науки, полагая, что затянувшийся период застоя рано или поздно может быть преодолен на основе неординарных, “достаточно безумных” (по Бору) идей.

В любом случае нелёгкой, с многочисленными препонами путь к пониманию трудноразрешимых проблем научного познания лежит через исследование его оснований. Это метатеоретический взгляд со стороны, попытка добраться до невидимой невооружённым глазом корневой структуры научного знания. Без анализа основ знания, каким бы неполным он ни был, невозможно даже ставить вопросы мировоззренческого уровня. Ведь не случайно, что все наиболее выдающиеся математики и естествоиспытатели прошлых веков были одновременно крупнейшими философами науки своего времени. Это фактически первый дивизион авторов в области оснований науки, уделяющих особое внимание вопросам, выходящим далеко за рамки конкретных научных теорий. Не будет поэтому преувеличением сказать, что все упомянутые в первых двух частях учёные-философы с полным правом могут быть включены, притом на первых ролях, в список наиболее значительных философов науки.

Следует также заметить, что авторы настоящей книги долгие годы занимались исследованием проблем, так или иначе связанных с основаниями науки, и имеют свою точку зрения по обсуждаемым выше вопросам, вкратце изложенную в соответствующем месте

второй части книги, а также представленным в цикле работ со всесторонним анализом существующих соотношений между различными методами научного объяснения и методом истолкования [71–76]. Кроме того, мы полагаем, что знакомство с основаниями научного знания, хотя бы неполное и в дискуссионном ключе, необходимо в качестве необходимого дополнения к узкоспециализированным познаниям в той или иной области науки. Более того – это чрезвычайно важный компонент культуры, научного мировоззрения личности, знакомой хотя бы с общим курсом математики и физики. Интерес к основаниям науки позволяет выйти из тесной скорлупы конкретного знания и взглянуть на мир со стороны, и понять многое из того, что не может быть понято без метатеоретического анализа. Хотелось надеяться, что наша работа, рассчитанная на интересующихся проблемами фундаментальной науки и ее оснований читателей, будет также полезна в качестве учебного пособия для преподавателям ВУЗов, студентам старших курсов философских, математических и естественнонаучных факультетов.

Литература

- [1] **Агацци Э.** *Методологический поворот в философии* // Вопросы философии, 2014. № 1. с. 60–65.
http://vphil.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=1012
- [2] **Агацци Э.** *Переосмысление философии науки сегодня* // Вопросы философии, 2009. № 1. с. 40–52.
<http://rozova.org/images/documents/AgacciPereosmisleniyeFilosofiiNaukiSegodnya.pdf>
- [3] **Аракелян Г. Б.** *Глава I. Определения и общие положения.* В кн.: Математика и история золотого сечения. М.: Логос, 2014.
<http://www.trinitas.ru/rus/doc/0232/007a/02321018.htm>
- [4] **Аракелян Г. Б.** *Границы физического мира. Наибольшее число в природе.* Академия Тринитаризма, М., Эл № 77-6567, публ. 16340, 06.02.2011.
<http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001c/00161784.htm>
- [5] **Аракелян Г. Б.** *О доказательстве в математике (Методологический анализ).* Ереван: Изд. АН, 1979.
- [6] **Аракелян Г. Б.** *От логических атомов к физическим законам.* Ереван: Лусабац, 2007.
<http://www.hrantara.com/Book.pdf>
- [7] **Аракелян Г. Б.** *Фундаментальная теория ЛМФ.* Ереван: Лусабац, 2007.
<http://www.hrantara.com/Monograph.pdf>
- [8] **Аракелян Г. Б.** *Фундаментальные безразмерные величины (Их роль и значение для методологии науки).* Ереван: Изд. АН, 1981.
- [9] **Аракелян Г. Б.** *Фундаментальные математические константы как начало всех чисел и новая ФМК «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77-6567, публ.16330, 03.02.2011.*
<http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001c/00161779.htm>
- [10] **Бергман П.** *Единые теории поля.* УФН, 1980, т. 132, с. 177.
- [11] **Боголюбов Н. Н., Логунов А. А., Тодоров И. Т.** *Основы аксиоматического подхода к квантовой теории поля.* М.: Наука, 1969.
- [12] **Бор Н.** *Дискуссия с Эйнштейном по проблемам теории познания в атомной физике.* В кн.: Н.Бор. Избр. науч. труды в двух томах, т. II. М.: Наука, 1971, с. 399–433.
- [13] **Борн М.** *Таинственное число 137.* УФН, 1936, т. 16, вып. 6, с. 704.
- [14] **Бройль Луи де.** *К истории возникновения и интерпретации волновой механики.* Вопросы истории естествознания и техники, вып. 2–3, М., 1974, с. 3–8.
- [15] **Бэкон Ф.** *О достоинстве и приумножении наук.* В кн.: Ф. Бэкон. Сочинения в двух томах, т. 1. М.: Мысль, 1971.
- [16] *Введение в супергравитацию*, под ред. С. Феррары и Дж. Тейлора. М.: Мир, 1985.
- [17] **Вейль Г.** *Гравитация и электричество.* В кн.: Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979, с. 513–527.
- [18] **Вигнер Е.** *Непостижимая эффективность математики в естественных науках.* В кн.: Е. Вигнер. Этюды о симметрии. М.: Мир, 1971, с. 182–198.
- [19] **Вилейтнер Г.** *История математики от Декарта до середины XIX столетия.* М.: Наука, 1966.
- [20] **Галилей Г.** *Послание к Франческо Инголи.* В кн.: Антология мировой философии в четырёх томах, т. 2. М.: Мысль, 1970, с. 226.
- [21] **Гейзенберг В.** *Введение в единую полевою теорию элементарных частиц.* М.: Мир, 1968.
- [22] **Гейзенберг В.** *Смысл и значение красоты в точных науках.* Вопросы философии, 1979, № 12, с. 49–60.
- [23] **Гейзенберг В.** *Физика и философия.* М.: Наука, 1989.
- [24] **Гейзенберг В.** *Что такое элементарная частица?* Вопросы истории естествознания и техники, вып. 1(58), 1977, с. 52–62.

- [25] Гильберт Д. *Основания физики*. В кн.: Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979, с. 133–145.
- [26] Дирак П.А.М. *Эволюция физической картины природы*. В кн.: Элементарные частицы (Над чем думают физики, вып. 3). М.: Наука, 1965, с. 123–139.
- [27] Дюгем П. *Физическая теория: её цель и строение*. М.: «КомКнига», 2007.
- [28] Зоммерфельд А. *Основы квантовой теории и модели атома Бора*. В кн.: А.Зоммерфельд. Пути познания в физике. М.: Наука, 1973, с. 8–15.
- [29] Калуца Т. *К проблеме единства физики*. В кн.: Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979, с. 529–534.
- [30] Кун Т. *Структура научных революций*. М.: Прогресс, 1977.
<http://www.biometrika.tomsk.ru/Kuhn.pdf>
- [31] Лакатос И. *Доказательства и опровержения. Как доказываются теоремы*. М.: Наука, 1967.
- [32] Майкельсон А., Морли Э. *Об относительном движении Земли и светового эфира*. Там же, с. 514–523.
- [33] Мах Э. *Механика*. В кн.: Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979, с. 49–72.
- [34] Мах Э. *Познание и заблуждение*. Там же, 1979а, с. 73–84.
- [35] Планк М. *Единство физической картины мира*. М.: Наука, 1966.
- [36] Поппер К. Р. *Логика научного исследования*. М.: Республика, 1975.
- [37] Пуанкаре А. *Наука и метод*. В кн.: А. Пуанкаре. О науке. М.: Наука, 1983, с. 283–403.
- [38] Пуанкаре А. *Ценность науки*. В кн.: А. Пуанкаре. О науке. М.: Наука, 1983, с. 153–282.
- [39] Рузавин Г. И. *О природе математического знания*. М.: Мысль, 1968.
- [40] Стёпин В. С. *Основания науки*. Новая философская энциклопедия в 4 томах, т. 3. М.: Мысль, 2010, с. 167.
- [41] Тулмин, Ст. *Научные революции в динамике культуры*. Минск, 1987.
- [42] Уэст П. *Введение в суперсимметрию и супергравитацию*. М.: Мир, 1989.
- [43] Фейерабенд П. *Против метода. Очерк анархистской теории познания*. М.: «Хранитель», 2007.
http://www.vixri.com/d/Fejerabend%20Pol%20_Protiv%20metoda.pdf
- [44] Френкель А. А., Бар-Хиллел И. *Глава 1. Антиномия // Основания теории множеств*. М.: Мир, 1966, с. 11–28.
http://ikfia.ysn.ru/images/doc/math_logika/FrenkelBar-Hillel1966ru.pdf
- [45] Фридман Д., Ньювенхёйзен П. ван. *Супергравитация и унификация законов физики*. УФН, 1979, т. 128, с. 69.
- [46] Холтон Дж. *Тематический анализ науки*. М.: Прогресс, 1981.
- [47] Эйнштейн А. В кн.: А. Эйнштейн. Собр. научн. трудов, т. II. М.: Наука, 1966.
- [48] Эйнштейн А. В кн.: А. Эйнштейн. Собр. научн. трудов, т. IV. М.: Наука, 1967, с. 156–166.
- [49] Arakelian H. *Fundamental Theory in Physics: Dream and Reality*. Synopsis, Yerevan, 2, 80–94 (1993).
- [50] Arakelian H. *How Many Fundamental Constants and Initial Functions are there in Mathematics?* Science and world. 2017. № 12 (52). Vol. I, p. 14–21, ISBN 2308-4804.
http://scienceph.ru/d/413259/d/science_and_world_no_12_52_december_vol_i.pdf
- [51] Arakelian H. *LMP Fundamental Theory*. Yerevan, Sarvard Hrat. LTD, 2010.
<http://314159.ru/arakelian/arakelian1.pdf>
- [52] Arakelian H. *New Fundamental Mathematical Constant: History, Present State and Prospects*. Nonlinear Sci. Lett. B, 1(4) (2011), p. 183–193.
<http://www.nonlinearscience.com/paper.php?pid=0000000113>
- [53] Arakelian H. *The New Fundamental Constant of Mathematics*. Pan-Armenian Scientific Rev., vol. 3, London 1995, p. 18–21.
- [54] Bachelard Gaston. *La materialisme rationel* // Paris: PUF, 1953.

- [55] **Davies P.C.W. and Brown J.R.** (Eds.). *Superstrings: A Theory of Everything?* Cambridge (Eng.): Cambridge Univ. Press, 1988.
- [56] *Der Mengenbegriff und Darstellung von Mengen* // Rudolf Brinkmann , 2008
https://www.brinkmann-du.de/mathe/sonstiges/it/it1_03.pdf
- [57] **Eddington A. S.** *Fundamental Theory*. Cambridge: Camb. Univ. Press, 1946.
- [58] **Feynman R. P.** *The Feynman Lectures on Physics*, Vol. 1, Ch.1, 2, 3.
- [59] **Fuller S.** *Being There with Thomas Kuhn: A Parable for Postmodern Times*.
<http://www.compilerpress.ca/Competitiveness/Anno/Anno%20Fuller%20Being%20There%20with%20Thomas%20Kuhn.htm>
- [60] **Green M. B., Schwarz J. H., and Witten E.** *Superstring Theory*, v.1: *Introduction*. Cambridge (Eng.): Camb. Univ. Press, 1987; Ibid. v.2.
- [61] **Laudan L.** *Progress and its Problems: Towards a Theory of Scientific Growth*. University of California Press, 1978.
- [62] **Lisi A. G.** *An Exceptionally Simple Theory of Everything*, 2007.
<https://arxiv.org/pdf/0711.0770v1.pdf>
- [63] **Mie G.** *Die Grundlagen einer Theorie der Materie*. Ann. Phys. **37**, 511–534 (1912); Ibid. **39**, 1–40 (1912); Ibid. **40**, 1–66 (1913).
- [64] **Popper K.R.** *Conjectures and Refutations. The Growth of Scientific Knowledge*. London: Routledge and Kegan Paul, 1963.
- [65] **Quine Willard Van Orman.** Two Dogmas of Empiricism. *The Philosophical Review* 60 p. 20-43 (1951).
- [66] *Readings in the Philosophy of Science*, eds. H. Feigl and M. Brodbeck. N. Y.: Appleton-Century-Crofts, 1953.
- [67] **Reid, Constance.** *Hilbert*. New York: Springer-Verlag, 1996, p. 177.
- [68] **Weinberg S.** *Dreams of a Final Theory*. New York: Vintage Books, 1993.
- [69] **Wittgenstein L.** *Remarks on the Foundations of Mathematics*. MIT Press, 1983, p. 264.
- [70] **Wess J. and Zumino B.** Nucl. Phys. **B70**, 39 (1974).
- [71] **Վարդանյան Ս. Վ.** *Փաստերի մեկնաբանության մեթոդի փիլիսոփայական նշանակությունը*: Երևան, «Լուսաբաց» հրատարակչություն, 2016:
- [72] **Վարդանյան Ս. Վ.** *Մեկնաբանության մեթոդի տրամաբանական հիմնավորումը*: Բանբեր Երևանի համալսարանի, **3(108)**, 2002, էջ 16–21:
- [73] **Վարդանյան Ս. Վ.** *Գիտական բացատրության և մեկնաբանության մեթոդների փոխհարաբերության հարցի շուրջ*: Բանբեր Երևանի համալսարանի, **2(110)**, 2003, էջ 18–27:
- [74] **Վարդանյան Ս. Վ.** *Որոշ նկատառումներ «ինտերպրետացիա» տերմինի կիրառության վերաբերյալ*: Բանբեր Երևանի համալսարանի, **3(126)**, 2008, էջ 124–130:
- [75] **Վարդանյան Ս. Վ.** *Մեկնաբանության մեթոդի գործառական նշանակությունը*: Բանբեր Երևանի համալսարանի, **133.4**, 2011, էջ 3–11:
- [76] **Վարդանյան Ս. Վ.** *Տելեոլոգիական բացատրություն և, թե՛ մեկնաբանություն*: Բանբեր Երևանի համալսարանի, **136.4**, 2012, էջ 16–23: