
ЧИСЛО-СТРУКТУРА-МАТЕРИЯ: НА ПУТИ К РАДИКАЛЬНОЙ ПИФАГОРЕЙСКОЙ МЕТОДОЛОГИИ ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

В.В. Кассандров

Институт гравитации и космологии РУДН

Введение. О социальной катастрофе физической науки

В современной России (да и во всем мире) интерес к фундаментальным проблемам физики, к основаниям физики почти угас. Лишь новые яркие экспериментальные наблюдения и теоретические концепции в астрофизике и космологии – ускоренное расширение Вселенной, черные дыры, кротовые норы и др. – еще волнуют околонуучную общественность. Очевидно, что такое падение интереса произошло далеко не только по социально-экономическим причинам. Дело еще и в том, что физика, как та смоковница из Евангелия от Матфея, уже не приносит плодов «духовных», не генерирует новых идей и не пытается по-новому взглянуть на старые, привычные понятия. Все технологические достижения современной инженерии, как уже реализованные, так и находящиеся в стадии разработки (как, например, квантовые компьютеры или пресловутые «нанотехнологии»), целиком базируются на старых, уже давно проверенных в эксперименте закономерностях, ни в коей мере не пытаюсь их глубже понять или изменить.

Особенно остро и болезненно чувствуют это, как обычно, талантливые молодые люди, только выбирающие свой путь в жизни и в науке. Так, один из российских школьников – победителей Международной олимпиады по физике, выбрав мехмат МГУ в качестве места будущего обучения, объяснил предельно четко: «В физике давно уже ничего интересного не происходит, математики же все время открывают какие-то новые красивые структуры, математика *жива*».

Можно, правда, возразить на это, что и в математике ситуация не так идеальна. Свидетельством этому служит, например, инициированная В.И. Арнольдом полемика с последователями «школы Бурбаки» [1], лишаящей математику красоты наглядного восприятия. Однако ни одну из уже открытых математических истин все же нельзя ни опровергнуть, ни «закрыть обратно», как это можно (и нужно было бы!) делать со многими физическими представлениями и теориями.

Так что же все-таки происходит в современной теоретической физике? Почему давно уже не слышно ярких, до хрипоты, споров на методологических семинарах в МГУ советских времен или на семинаре В.Л. Гинзбурга в ФИАНе? Теперь стареющих мэтров интересуют в основном вопросы исто-

рии, методологии (как лучше излагать давно набившие оскомину «истины») да борьбы с религией или лженаукой.

Однако дело не в борьбе: стоит лишь втянуться в нее – и равно придет конец всякой науке и лженауке. Дело в том, куда идти дальше? Для лучшего понимания этого надо непредвзято разобраться, чего удалось достичь современной фундаментальной физике, в чем она оказалась бессильной (не смотря на давно высказанные, но не нашедшие реализации великие идеи предшественников) и какие совершенно новые программные подходы возникают впервые только сейчас, на наших глазах. На этих вопросах мы и остановимся ниже.

1. К чему пришла и к чему готова теоретическая физика

Много-много лет назад наставник, посланный мне на жизненном пути и озадачивший меня множеством парадоксов а la Лао Цзы, спросил меня, в частности, следующее. На какой вопрос следует стараться найти ответ в физике: «Как?», «Зачем?» или «Почему?». И я – истинное дитя атеистического воспитания и советской (а как впоследствии выяснилось, не только и не столько советской) установки воплощения теории в практику – выбрал, конечно же, ответ на вопрос «Как?». Сегодня я уже не вспомню его реакции и, наверное, уже никогда не узнаю ее. Однако теперь, без сомнения, я предпочел бы вопрос «Почему?» (до вопроса «Зачем?» я в своем духовном развитии, похоже, еще не дорос!).

Возможно, именно с неосознанного вопроса «Почему?» еще в первобытные времена началось истинное становление человека, его самосознание и выделение из животного мира. Этот вопрос, наверное, волновал египетских жрецов, античных мыслителей, последователей Каббалы и алхимиков, древних мыслителей всех стран во всех поколениях [2].

Все, однако, резко изменилось со времен Галилея и Ньютона, когда стало понятно, что, даже не вдаваясь глубоко в «скрытую природу вещей», можно увидеть, алгоритмизировать и, главное, использовать впоследствии «на пользу себе и людям» многие воспроизводимые на опыте закономерности окружающего мира. Такие случайно или сознательно обнаруживаемые на опыте корреляции между явлениями окружающего мира мы постепенно, в своей гордыне, стали называть *Законами Природы*.

Разумеется, новорожденная европейская наука вовсе не была чисто прагматичной: такие великие мыслители, как Лейбниц, Эйлер, Декарт, Гамильтон, а позже Максвелл, Эйнштейн, Уилер, Дирак все свои усилия направляли на то, чтобы совместить современную им научную методологию с традициями и чаяниями великих предшественников. Однако зародившаяся в 1905 г. и окончательно сформировавшаяся в 1920-х гг. квантовая теория на продолжительное время затормозила все попытки логически последовательного и физически наглядного единого описания природы, попытки понять

законы Мироздания из *первых принципов*. В частности, великие алгебраические идеи Гамильтона, Грассмана, Клиффорда или геометрические идеи Римана, Эйнштейна, Вейля были в мгновение ока оставлены во имя новой, яркой мишуры квантового формализма. Очень хорошо об этом времени – времени становления последовательно позитивистской, прагматичной американоподобной науки – рассказал В. Гейзенберг, тогда еще молодой исследователь, только что открывший некоторый эффективный способ расчета спектров атомных излучений. При этом, будучи представителем фундаментальной немецкой школы, он сам до поры до времени не придавал ему какого-то исключительного значения, находясь в поисках более глубокого объяснения найденных закономерностей. Однако, оказавшись за океаном, он с удивлением заметил, что «американские физики в своем большинстве были, похоже, готовы без всяких затруднений принять новый взгляд на вещи» [3]. Его собеседник, физик-экспериментатор, объяснил это так: «Вы, европейцы, и особенно немцы, склонны относиться к подобного рода идеям страшно принципиально... Мне кажется, уже само выражение “закон природы” ведет к довольно сомнительному возвеличиванию или обожествлению формулировки, которая по существу не может быть не чем иным, кроме как просто *практическим предписанием* о том, как следует обращаться с природой в соответствующей области» [3]. Заметим с грустью, что в настоящее время, вместе с экономической и культурной экспансией, такой американский менталитет стал типичен и для всех европейских стран, включая Германию.

Так возникла квантовая теория, до сих пор не подвергающаяся сомнению со стороны ортодоксальных физиков-теоретиков в своих основных аксиоматических принципах, однако по существу уже давно утратившая творческую силу и объективно, по крайней мере в отношении фундаментальных теорий, ставшую реакционной, тормозящей все альтернативные попытки построения радикально новых физических теорий (в том числе и самих приверженцев квантовой парадигмы, как это имеет место в современной теории суперструн [4]).

В самом деле, на заре своего рождения квантовая теория позиционировала себя как теория движения и взаимодействия микрообъектов, то есть по существу – как теория микромира. И куда все делось? Почти сто лет прошло – а мы не знаем о микромире, об элементарных частицах по большому счету ничего!

«Как это ничего?!» – возражают обычно физики-ортодоксы, отдавшие жизнь расчету сечений рассеяния, интенсивностей излучения, вычислению функциональных интегралов или построению новых моделей взаимодействия и т.п. Мы знаем уже огромное количество твердо установленных фактов, касающихся протекающих в микромире процессов. Мы установили законы всех существующих в природе взаимодействий (гравитационного, электрослабого и сильного), открыли единую их основу (так называемые калибровочные симметрии), классифицировали все известные элементарные

частицы в качестве трех поколений лептонов и кварков. Мы с невероятной точностью умеем рассчитывать наблюдаемые на опыте поправки к атомным энергетическим уровням, к магнитному моменту электрона и т.п. (в наиболее успешном формализме развитой в 1930–1940-х гг. Дираком, Фейнманом и др. квантовой электродинамики).

Так вот: во-первых, все вышеперечисленное весьма субъективно. Например, относительно структуры самой квантовой электродинамики один из ее основных создателей П.А.М. Дирак писал: «Отступления от законов логики настолько серьезны, что местами всякие претензии на логическое развитие теории выглядят совершенно безнадежными» [5]. И в другом месте: «Приходится идти на любые ухищрения для того, чтобы продвинуть теорию дальше. Приходится создавать теории, которые лишь более или менее закрывают «прорехи», но не имеют под собой фундаментальной основы» [6]. Что касается Р. Фейнмана, его аллегория о «заметании мусора под ковер» хорошо известна.

Однако главное в другом. Все вышеперечисленные и прочие успехи квантовой теории уже не могут удовлетворить давно выросшую из пеленок физическую науку. На самом деле эти успехи представляют собой лишь один из возможных способов описания природы (причем наверняка не самый эффективный) и ни в коей мере не приближают нас к ее пониманию, к истинному языку Природы. Уже на «первом», низшем уровне рассмотрения – в рамках принятой в настоящее время парадигмы – возникает множество не имеющих удовлетворительного ответа вопросов, ярко демонстрирующих полную несостоятельность современной теоретической физики. Мы не будем обсуждать порядком надоевшие всем проблемы бесмысленных бесконечностей (расходимостей), «коллапса» волновой функции или «сверхсветовых взаимодействий» пространственно разнесенных, но квантово коррелированных частиц.

Вместо этого остановимся кратко лишь на проблеме происхождения масс частиц и массы нейтрино в частности. Действительно, масса покоя всякого тела (в том числе и микрочастицы) является одним из наиболее фундаментальных атрибутов материи и выполняет по меньшей мере три функции, являясь мерой инерции тела, мерой его гравитационного поля (гравитационным зарядом) и мерой его полной внутренней энергии (в соответствии со знаменитым соотношением Эйнштейна). Так вот, по существу, единственный известный в квантовой теории механизм генерации массы – механизм Хиггса – не воспроизводит ни одну (!) из основных ее функций, а представляет собой своего рода «математический трюк», формально порождая «массовый член» в рассматриваемых уравнениях поля. По этой и другим аналогичным причинам многие выдающиеся физики, в том числе С. Хокинг, не верят в ожидаемое на новом суперускорителе открытие загадочной и принципиально важной для теории новой элементарной частицы – бозона Хиггса. Какие ухищрения придется придумывать физикам-ортодоксам в случае, ес-

ли такая частица не обнаружится, остается только гадать и сочувствовать этой неблагодарной и объективно вредной деятельности.

Положение с массой нейтрино несколько иное, но тоже печальное. Дело в том, что одним из действительно важных достижений теоретической физики XX в. явилось обнаружение универсальной связи между геометрией пространства-времени и двумя типами элементарных частиц – бозонами и фермионами. Первые, к которым относятся фотон и переносчики других, отличных от электромагнитного, взаимодействий, имеют целочисленный (в долях постоянной Планка \hbar) спин и описываются уравнениями поля с одним типом симметрии (т.н. «тензорными» уравнениями, в частности – уравнениями Максвелла для фотона). Второй тип частиц – фермионы, к которым относятся электрон, протон, нейтрон и нейтрино в том числе, – имеет полуцелый спин и описывается уравнениями так называемого «спинорного» типа (например, знаменитым уравнением Дирака для электрона). При этом тензорные и спинорные симметрии уравнений фундаментальных полей-частиц однозначно соответствуют двум единственно возможным типам «представлений» основной группы симметрии релятивистской физики – группы Лоренца, определяющей саму геометрию пространства-времени (геометрию Минковского).

Казалось бы, была действительно обнаружена глубокая связь между геометрией физического Мира и свойствами элементарных частиц. В частности, нейтрино до недавнего времени с успехом рассматривалось как безмассовая частица полуцелого спина и описывалось, пожалуй, самым простым и «изящным» уравнением поля – уравнением Вейля (безмассовым аналогом уравнения Дирака). К тому же именно структура уравнения Вейля «различает правое от левого», что действительно обнаруживается экспериментально в слабых взаимодействиях. Однако в связи с нехваткой количества «солнечных» нейтрино, то есть несоответствием наблюдаемого их числа с теоретическими предсказаниями о количестве нейтрино, образующихся в процессе термоядерных реакций на Солнце, в последнее время физики вынуждены были «приписать» нейтрино хоть и очень малую, но ненулевую массу.

При этом, однако, не говоря уже о принципиальных трудностях включения «массивного» нейтрино в ранее принятую модель электрослабых взаимодействий, нарушается вышеизложенная универсальная связь между геометрией и материей: простейшее релятивистское уравнение поля – уравнение Вейля – оказывается «пустым». Это уравнение не соответствует ни одной из известных элементарных частиц (в отличие от уравнений Максвелла, описывающего безмассовый фотон). К тому же возникает естественный вопрос: почему в природе, кроме электрона, существует еще одна частица с «половинным спином», но с намного порядков меньшей по величине массой? Однако этот вопрос уже относится к следующему, более высокому уровню рассмотрения.

Действительно, критерием истинности нашего понимания Природы может служить, пожалуй, лишь наша способность понять, объяснить структуру универсальных числовых закономерностей, обнаруживаемых на опыте и независимых от каких-либо субъективных факторов: тех или иных интерпретаций результатов экспериментов, систем единиц или теоретических посылок. Безусловно, одной из таких Мировых констант является знаменитое число π – отношение длины произвольной окружности к ее диаметру, имеющее в евклидовой геометрии универсальное числовое значение 3,1415.... При этом не так важно, является ли реальная физическая геометрия евклидовой или нет. Действительно, евклидова геометрия является в некотором смысле предельной, идеальной, выделенной из всех прочих, и именно к ней очень близка геометрия наблюдаемого физического Мира. Известно, что численное значение π не только экспериментально измеряется, но и вычисляется с любой желаемой точностью с помощью ряда различных, но эквивалентных предельных процедур.

Вообще-то, можно было бы поставить и более радикальный и на первый взгляд абсурдный вопрос: а почему численное значение π в евклидовой геометрии именно такое, а не, скажем, 3 или $(22/7)$? Этот вопрос, так же как и аналогичные вопросы о происхождении числовых значений экспоненты $e = 2,71828...$, константы Фейгенбаума $\delta = 4,6692...$ (в универсальной теории фрактальных отображений) и других универсальных чисел, возникающих в рамках “чистой” математики, не так бессмысленен, как может показаться: на самом деле **речь идет об обосновании самой математики**, о возможном ее выводе из некоторой еще более глубокой, первичной «сверхлогической» структуры! Однако сейчас мы даже представить себе не можем, что это за сверхструктура и какими познаваемыми свойствами она могла бы обладать.

Вместо этого мы можем пытаться сделать другое, а именно связать математические константы с универсальными безразмерными числовыми константами, возникающими в чисто физическом эксперименте. Интересно отметить, что существование таких констант было обнаружено не так давно, в XX в., поскольку все они прямо или косвенно связаны с тождественными первоэлементами природы – атомами или элементарными частицами. Наиболее известной и впечатляющей из этих констант является постоянная тонкой структуры α , равная отношению квадрата элементарного заряда (заряда электрона или протона) e к произведению постоянной Планка \hbar и скорости света c . Эта константа, как и составляющие ее постоянные, измерена с высокой точностью и имеет следующее численное значение:

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} = 1/137,039..$$

Многие известные физики, в том числе Дирак, Эддингтон, Гейзенберг и Инфельд, пытались понять происхождение этого загадочного числа, связывающего электричество, квантовую теорию и теорию относительности, од-

нако не преуспели в этом. Было бы совершенно естественно, если бы эта и другие аналогичные физические константы (например, отношение масс протона и электрона, равное примерно 1836,12...) были бы связаны с физической геометрией и выражались через числа типа π и ему подобные. Однако законы микромира столь запутанны, в отличие от ясных положений евклидовой геометрии, что пока никакой связи между фундаментальными физическими и математическими константами не прослеживается. Более того, в физике бытует мнение, что эти «константы» на самом деле таковыми не являются, медленно изменяя свое значение со временем (с космологическим временем от начала расширения Вселенной). Пока ни эксперимент, ни теория не могут дать убедительного ответа на вопрос о вариации физических постоянных со временем.

Еще одна проблема «второго уровня» – это так называемая проблема Больших чисел. Дело в том, что на масштабе элементарных частиц гравитационное взаимодействие слабее кулоновского электрического в огромное количество, примерно в 10^{40} раз! Таким образом, мы должны либо признать, что ничего не понимаем в строении окружающего Мира и считать его случайным (то есть, по существу, бессмысленным), либо попытаться теоретически объяснить, каким образом в природе могли возникнуть такие чудовищные по величине числа. Единственная идея была высказана в 1930-х гг., наряду с другими физиками, тем же П.А.М. Дираком и связывает это число с количеством частиц во Вселенной ($\sim 10^{80}$) и с промежутком времени, прошедшего от начала космологического расширения ($\sim 10^{40}$), в единицах атомной временной шкалы. Однако теоретически связать эти три Больших числа до сих пор также никому не удалось.

Итак, мы видим, что наше понимание Природы, по существу, ничтожно, поверхностно: все наиболее глубокие и истинно объективные ее свойства остаются загадочными, и реальные подходы к их объяснению, теоретическому выводу даже не просматриваются. Это же относится и к геометрии физического пространства (на сакраментальный вопрос: «почему пространство трехмерно?» до сих пор нет ответа), и к проблеме физического Времени. Что же касается квантовой теории, то она лишь прикоснулась к основополагающим свойствам материи – стохастичности, нелокальности и коррелированности (когерентности), – к свойствам, действительно проявляющимся в движении и взаимодействии частиц, однако глубинная сущность связи и взаимоотношения этих свойств материи осталась нераскрытой.

На самом деле, базируясь на прежней эпистемологии европейской науки последних столетий, по существу сводящейся к цепочке «эксперимент – гипотеза – проверка – теория – предсказание», мы никогда не сможем ответить на упомянутые выше фундаментальные вопросы о строении Мира. Действительно, как говорил Ф. Дайсон: «Эксперимент никогда не подтверждает ни одну теорию, он может только опровергнуть ее». Каждая конечная совокупность фактов может быть описана бесконечным числом способов (А. Пуанкаре), но это нисколько не приближает нас к пониманию истинного

устройства Вселенной. Вся современная естественнонаучная парадигма, по существу, представляет собой результат своего рода «мозгового штурма» выдающихся мыслителей, имеющего целью выявить лучший способ непротиворечивого описания имеющихся в распоряжении экспериментальных фактов. Однако нелепо было бы думать, что, при всей их гениальности, эти мыслители (а вслед за ними и все так называемое «научное сообщество») выбрали самый эффективный из этих способов и не прошли мимо другого, гораздо более адекватного Природе.

По большому счету, европейская наука лишь «сняла сливки», обнаружив многие воспроизводимые и практически важные, но лежавшие на поверхности закономерности явлений окружающего Мира. В признании ограниченности этих «законов природы» позитивисты вполне правы. Однако во все не обязательно довольствоваться вечной «подгонкой» структуры законов под новые экспериментальные данные. Вместо этого человек способен «замахнуться» на поиск другого, действительно *абсолютного* знания, на *прочтение* книги Природы вместо ее «измышления». Конечно, достижимость этого – во многом вопрос Веры. Однако в любом случае так называемый принцип соответствия, утверждающий необходимость преемственности новых физических теорий от предшествующих (например, релятивистской механики от старой ньютоновской в пределе малых скоростей или квантовой механики от классической в пределе малых значений постоянной Планка и т.д.) в настоящее время исчерпал себя. На самом деле нет никакой гарантии, что тот язык, который сейчас господствует в теоретической физике (и более того – хорошо проверенный язык классической механики и электродинамики!), сохранится в будущем, и не будут открыты принципиально новый математический аппарат и физические представления, адекватные истинному устройству Мира. Мы еще вернемся ниже к обсуждению этих важных вопросов.

Так что же делать? По-видимому, прежде всего следует признать, что физика (как и естествознание в целом) уже «повзрослела», имеет в своем арсенале целый ряд блестящих идей и обнаруженных структур как физического (квантовые корреляции, физический вакуум, струно-подобные структуры, солитонно-подобные образования), так и чисто математического (многомерные геометрии, нетривиальные топологии, группы и симметрии, теория отображений и фракталов, стохастическая динамика) характера. Она вполне способна теперь ставить вопросы высшего, «третьего» уровня: какой первичный Принцип, возможно, лежит в основании Мира; почему наш Мир именно такой, а не другой (А. Эйнштейн); как в этом первичном Принципе закодированы самые фундаментальные категории – Время, Пространство, Частица, Движение, Поле, Взаимодействие и, в конце концов, – Жизнь, Сознание и Свобода Воли? Лишь на втором этапе, эти вопросы могут редуцироваться к проблеме объяснения и математического вывода спектра характеристик (масс, зарядов, спинов и др.) наблюдаемого «зоопарка» элементарных частиц, к объяснению истинных типов соответствующих им полей и

вычислению констант взаимодействия. Действительно, скорее всего, невозможно достичь ответа на эти вопросы «второго уровня» без понимания самих первичных категорий и первичного Принципа. В пользу его существования свидетельствует, конечно, и удивительно простой генетический Код, код Живого, открытый Уотсоном и Криком уже более 50 лет назад и имеющий, возможно, алгебраическую основу [7].

О том, как можно было бы приблизиться к пониманию этого Принципа, о новой методологии фундаментальной физики, мы и поговорим ниже.

2. Неопифагорейская программа: Число кодирует Вселенную

Все точные науки по самому своему определению не мыслимы без арифметики, без чисел, по большому счету – без математических средств обработки экспериментальных данных и описания выявленных закономерностей. Однако с глубокой древности люди заметили, что мир идеальных математических форм, мир правильных тел Платона, совершенных чисел Пифагора, а позже – мир особых топологий и размерностей, исключительных алгебр и групп, имеют слишком близкое отношение к далеко не идеальным объектам и процессам физического мира. На этот счет известно, например, яркое высказывание Е. Вигнера о «непостижимой эффективности математики в естественных науках» [8]. Казалось бы, весьма далекие по природе физические явления, в основе которых трудно выявить какую-либо качественную общность, неожиданным образом адекватно описываются одними и теми же уравнениями, имеют одинаковые законы внутренней динамики и др.

Интересно, однако, что это вовсе не удивило бы мыслителей периода доевропейской науки. Почти все они свято верили в то, что Мир не случаен, прост и рационален в своей основе. Конечно, их вера была неразделимо связана с верой в целесообразность Мира, в Творца. Именно потеря Веры в безбожном XX в. и привела к уродливой философии позитивизма – основе квантовомеханического мировоззрения, господствующего до сих пор. Представление об индивидуальном микрообъекте как сущности, лишенной формы, положения, в *принципе* не имеющего определенной траектории, а описываемого волнового типа распределением амплитуды вероятности (понятия вполне шизофренического рода для здорового, «незомбированного» ума) и способного к самоинтерференции, объекта с сохраняющейся на произвольно большом удалении взаимосвязью частей (так называемые «зацепленные» квантовые состояния) – вот качественная картина, возникающая в квантовой парадигме, где от материального объекта остается лишь «улыбка чеширского кота». За этой парадигмой стоит не просто безумно интересный и фантастический мир, как иногда представляется несведущим читателям популярных книжек по квантовой теории. Совсем нет. На самом деле, это лишенное внутренней гармонии и логического единства *эклeктичное* виде-

ние мира, в котором для разных задач изобретаются различные математические методы и физические интерпретации, подчас просто противоречащие друг другу. Чтобы не быть голословными, отметим, например, для читателей, знакомых с аппаратом квантовой теории, что в задаче об атоме водорода и ей подобных, спинорные поля Дирака математически рассматриваются как поля классические (c -числа), в то время как даже в пределе нулевой константы взаимодействия в квантовой электродинамике эти поля остаются так называемыми грассмановыми переменными (q -числа). И вообще, попробуйте-ка найти полный спектр атома водорода (а не так называемый лэмбовский сдвиг уровней) в рамках последовательной вторично квантованной теории!

Вернемся, однако, к проблеме отношения математики и естественнонаучных дисциплин. Сейчас этот вопрос широко обсуждается как самими математиками, так и физиками. В.И. Арнольд пишет о математике как по существу экспериментальной науке, в шутку различая ее с физикой по низкой стоимости экспериментов [9], в отличие от оных на ускорителях и спутниках. Р. Пенроуз различает три вида «миров»: мир платоновских идеальных математических форм, «реальный» физический мир и ментальный мир, формируемый мыслительной деятельностью разумных существ [10]. При этом физический мир управляется весьма специфической частью всех математических структур, ментальный мир порождается некой особой частью мозговых, физических (физиологических) по природе структур, а сами математические истины составляют весьма малую долю ментальной деятельности.

Несмотря на внешнюю красоту подобных схем, они, однако, не являются чем-то принципиально новым, а главное, конструктивным, не давая никаких указаний на новые подходы к построению физических теорий. Как ни странно, намного более плодотворным оказывается возврат к древним представлениям о гармонии Мира, о существовании первичного Принципа, до сих пор еще не познанного, независимого и весьма далекого от каких-либо модных теорий современной теоретической физики. Принципа чисто абстрактного по природе, записанного на наиболее общем и единственно возможном языке – языке математических структур. При этом схема Пенроуза радикально упрощается, редуцируясь в гипотезу об абсолютном тождестве идеальных математических форм и реальных физических первоэлементов. Или иначе – о тождестве образующих числовых (геометрических) первоэлементов с элементарными частицами материи. При этом, разумеется, макрообъекты (и даже составные микрообъекты) являются лишь сложным и, как следствие, внешне неидеальным сочетанием первичных математических форм. Однако характеристики и динамика этих объектов также регулируются изначально существующими, первичными математическими закономерностями. **Вселенная представляет собой реализацию (материализацию!) некоторой исключительной математической структуры** (В.В. Кассандров [11]).

Следуя работам [12], [13], попытаем теперь предлагаемую нами радикальную методологию построения фундаментальных физических «теорий

Всего», – методологию, основанную на понимаемой на современном математическом и физическом уровне радикальной нео-пифагорейской философии.

Итак, мы исходим из предположения, что в основе Природы лежит некоторый первичный Принцип (Код, Алгоритм, Метазакон), имеющий чисто абстрактное математическое происхождение. Все известные так называемые «законы природы», сформулированные на основе экспериментов, либо являются прямыми следствиями этого единственного исходного принципа, либо вообще не имеют отношения к правильному описанию природы и лишь случайно и приближенно выполняются при определенных условиях.

В современных условиях новые эксперименты мало что могут добавить к нашему пониманию окружающего мира. Мы и так не можем понять глубинную связь между различными явлениями природы, не можем разобраться с грудой уже имеющихся в нашем распоряжении разрозненных фактов. Более того, с каждым новым открытием нам все труднее становится это делать, и постоянно «подгоняемая» под вновь обнаруженные факты теория становится все более громоздкой и внутренне противоречивой (как в свое время ситуация с эпициклами Птолемея)¹.

Складывается впечатление, что вся методология европейской науки зашла в тупик и никакие дальнейшие модернизации уже не спасут положение. Речь должна идти уже не о совершенствовании существующей системы «законов природы», не о построении новых моделей мироздания, а об **отказе от эксперимента как главного стимулятора и арбитра в познании Мира**.

Это утверждение наверняка покажется многим чрезмерно радикальным и потому требует пояснения. Говорят, что когда Эйнштейну пришли сообщить, что именно его, а не ньютонова теория гравитации получила неопровержимое опытное подтверждение (при наблюдении распространения лучей света от отдаленных звезд вблизи Солнца во время затмения), он якобы ответил: «Не мешайте мне работать: иначе и не могло быть. Новая теория слишком красива, чтобы оказаться неверной». То есть речь выше идет, разумеется, не о том, что эксперимент теряет свое решающее значение в физике, а о том, что на известном этапе развития научного понимания ожидаемый результат эксперимента может (и должен!) стать заранее очевидным в силу совершенной логической стройности теории. О критериях такого совершенства мы поговорим ниже.

Итак, в предлагаемой радикально новой методологии естествознания вместо экспериментов в лаборатории (экспериментах над частицами, астрономических наблюдений и т.п.) предполагается главным образом сосредото-

¹ В качестве иллюстрации отметим, что недавний провал всей предшествующей космологии XX в., построенной на, казалось бы, вполне наглядных соображениях о замедлении расширения Вселенной вследствие взаимного гравитационного притяжения отдельных масс, очень хорошо иллюстрирует безнадежность попыток продвигаться далее, следуя старой методологии. Известно, что для «латания прорех» срочно была введена концепция «темной энергии», физический смысл, происхождение и свойства которой (как и «темной материи») столь же «темны», как в свое время, например, концепция «теплорода».

читься на «виртуальных» экспериментах – экспериментах «на бумаге», то есть на поиске и строго дедуктивном анализе свойств математических структур, способных кодировать структуру пространства, времени и материи. При этом следует иметь в виду, что господствующие в настоящее время физические теории, даже такие красивые, как электродинамика Максвелла или общая теория относительности (теория гравитации) Эйнштейна, скорее всего, не имеют никакого отношения к истинной, сакральной реальности. Вместо них возникнут новые математические структуры и соответствующая им новая картина Мира, описывающая соответствующий круг явлений не хуже прежних «проверенных на опыте» теорий, однако совсем на другом, новом математическом и физическом языке. В этом случае об упомянутом выше принципе соответствия придется вообще забыть.

Мы предполагаем, таким образом, что в основании первичного Принципа и, как следствие, устройства Вселенной лежит некоторая *объективно существующая* математическая структура (скорее всего, числовая или/и логическая), исключительная по своим внутренним свойствам. Однако последнее утверждение не вполне конструктивно, поскольку критерии исключительности в значительной мере субъективны. Какая именно из этих структур могла бы отвечать за устройство Вселенной и каково при этом место других столь же «красивых» математических форм?

Ответ на этот каверзный вопрос очень прост. Мы предполагаем, что каждая мыслимая математическая структура является в каком-то смысле объективно существующей, однако при этом соответствует некоторому особому, отвечающему только ей «миру», столь же реальному, как и наш физический мир, но кардинально отличному от него по свойствам (своего рода параллельный мир)².

Однако большинство таких структур и соответствующих им «миров» являются, скорее всего, вырожденными. Внутренние математические свойства таких структур недостаточно богаты для того, чтобы «породить» столь разнообразные и сложные сущности нашего Мира. Возможно, лишь одна уникальная структура действительно кодирует геометрию, материальные объекты и динамику Вселенной, *вплоть до структуры возникающего в нем наблюдателя*.

По существу, такое утверждение представляет собой математическую версию известного антропного принципа. В фундаментальной физике этот принцип призван объяснить наблюдаемые значения физических констант, характеристик элементарных частиц и даже законов их взаимодействий так называемой «тонкой настройкой» этих параметров на существование сложной, развивающейся и способной на некотором этапе породить жизнь и разумного наблюдателя Вселенной. Было, в частности, продемонстрировано [14, 15], что даже очень малые отклонения физических констант от наблю-

² Заметим, что в последнее время такие идеи стали достаточно популярны, в том числе благодаря работам известного физика М. Тегмарка (см. [14]).

даемых значений привели бы, по существу, к деградации структуры Вселенной: неустойчивости тяжелых элементов, невозможности или слишком большому сроку образования звезд или галактик и т.п. С философской точки зрения антропный принцип естественно приводит к парадигме множественности «виртуальных» и равновозможных миров с самыми разными значениями констант, из множества которых мы просто были обязаны очутиться в нашем, единственно возможном Мире, именно с наблюдаемыми значениями констант.

Безусловно, в рамках антропного принципа удастся достаточно изящно избежать вопроса о выводе конкретных значений физических констант, заменив его перебором свойств различных миров со своими значениями констант для каждого. Недостатком этого подхода является, однако, априорное предположение о тождестве общей структуры самих законов природы во всех таких «параллельных» мирах. Поэтому антропный принцип не дает никаких указаний для поиска структуры самих законов и в этом смысле неконструктивен.

Предлагаемая же нами *математическая версия антропного принципа* лишена этого недостатка: изучению в принципе подлежат все (объективно существующие!) математические формы, где каждая будет соответствовать некоторому (как правило, вырожденному) миру. Задача состоит лишь в выявлении единственной Структуры, ответственной именно за наш Мир.

Логично предположить, что как сам наш Мир является неким уникальным образованием, так и порождающая его абстрактная Структура представлена математическим объектом, исключительным (и необычно богатым) по своим внутренним свойствам. Нельзя, однако, исключить и того, что на самом деле может существовать несколько (или даже бесконечно много) исключительных структур, способных генерировать достаточно сложные «квазиматериальные» и «параллельно сосуществующие» миры. На сегодняшнем уровне понимания говорить об их возможных взаимоотношениях (взаимодействиях) было бы спекулятивно.

Заметим также, что в этих вопросах мы вплотную подходим к наиболее трудной и интересной проблеме, общей для философии и естественных наук, – проблеме сознания и его отношений с объективной физической реальностью. Эта проблема, в свою очередь, тесно связана с совершенно неприступной до сих пор (и на самом деле даже плохо сформулированной) проблемой свободы воли, не разрешаемой ни в рамках прежнего классического детерминизма, ни после введения концепции квантовомеханической случайности [16].

Одним из признаком уникальности и невырожденности первичной Структуры является, по-видимому, множество эквивалентных способов (разнообразие языков) ее описания. В отношении чисто физических теоретико-полевых квантовых структур об этом говорил в своей Нобелевской лекции Р. Фейнман: «Мне всегда казалось странным, что самые фундаментальные законы физики... допускают такое невероятное многообразие фор-

мулировок, по первому впечатлению неэквивалентных, и все же таких, что после определенных математических манипуляций между ними всегда удастся найти взаимосвязь. ...Мне думается, что здесь каким-то образом отражается простота природы. ...Может быть, вещь проста только тогда, когда ее можно охарактеризовать несколькими различными способами, еще не зная, что на самом деле ты говоришь об одном и том же» [17]. Если же говорить о чисто математических формах, то, например, исключительная алгебраическая структура, положенная в основу «Метатеории», должна порождать исключительную геометрию пространства-времени, соответствовать уникальной топологии, иметь необычную группу внутренних симметрий (автоморфизмов) и т.п.

При этом, наоборот, можно исходить из любой из таких структур и из нее, чисто дедуктивно, выводить все прочее. **Первичная фундаментальная структура есть некоторая абстрактная сущность, допускающая большое количество эквивалентных математических описаний** (и соответствующих им физических интерпретаций – различных картин одного и того же Мира). Подчеркнем, однако, что это утверждение не имеет ничего общего с так называемым «принципом дополнительности» Н. Бора. В отличие от последнего, в нео-пифагорейском подходе предполагается, что на каждом из эквивалентных языков может быть последовательно развита замкнутая и логически непротиворечивая схема описания, полностью охватывающая все аспекты структуры и не апеллирующая к другим представлениям.

Важно понимать, что математический аппарат, набор математических форм, используемый вплоть до настоящего времени в теоретической физике, чрезвычайно узок, охватывая ничтожную долю даже тех математических структур, которые уже открыты и, в той или иной мере, изучены математиками. Большинство из этих структур ориентировано на описание геометрии непрерывного физического пространства, рассматриваемого как многообразие (то есть непрерывное дифференцируемое локально евклидово множество); на описание полевой или точечной материи (дифференциальные уравнения, вариационные процедуры), статистических (теория вероятностей) и квантовых закономерностей (некоммутативные структуры, операторы, функциональные интегралы и др.). Важнейшую роль во всех разделах теоретической физики играет теория групп симметрии. Однако даже такие необыкновенно богатые по свойствам и эстетически красивые математические объекты, как фракталы, до сих пор не нашли достойного места в структуре фундаментальных законов естествознания (в отличие от множества их прикладных применений). Очень мало сделано и для развития математического аппарата, связанного с концепцией дискретного пространства-времени (теория графов, отображений на решетках и пр.); только в последние десятилетия в космологию, теорию поля и другие разделы физики стали активно проникать замечательные по красоте топологические идеи.

На самом деле, однако, внедрение новых математических средств описания тормозится сложившейся за 300 лет косной структурой теоретической

физики как целого и требует радикального пересмотра всей методологии и, как следствие, всей картины физического Мира. С исторической точки зрения эта структура сложилась в значительной мере случайно. Например, имеет право на существование мнение, что развитие физики могло бы пойти совсем по-другому, если бы в начале развития европейской науки победила бы не точка зрения И. Ньютона о массах-зарядах, взаимодействующих через пустое пространство, а, скажем, точка зрения Р. Декарта о материальных объектах как вихрях,двигающихся в некоей эфироподобной мировой среде и взаимодействующих через нее [18]. Похоже, однако, что как эти две прежние парадигмы (близкодействие или дальноедействие), так и эклектическая и по существу алогичная картина квантовой физики имеют лишь косвенное отношение к истинной картине реальности.

Резюмируя обсуждение критериев выбора кандидата на роль первичной абстрактной Структуры, предположительно кодирующей Вселенную, подчеркнем, что при этом **нельзя ограничиваться стандартным используемым в физике набором математических форм**. Не следует и навязывать Природе собственных физических предпочтений или представлений (пространство-время как многообразие, калибровочные поля как переносчики взаимодействий, корпускулярно-волновой дуализм и вероятностная квантовая парадигма и т.п.). Только не связывая себя заранее догмами ортодоксальных теорий, можно надеяться обнаружить принципиально новые, истинные способы описания Природы, закодированные в первичной Структуре. В шутку можно сказать, что законы Природы должны открывать математики, не знающие физики. При этом, разумеется, и не являющиеся чистыми математиками физики-теоретики способны открыть новые, подчас удивительно богатые по внутренним свойствам и «физичные» математические объекты. Именно это произошло, например, с солитонами и в какой-то мере с фракталами (множество Мандельброта), а также с замечательно красивой теорией физических структур Ю.И. Кулакова [19] или с некоммутативным анализом [20], ставшим основой развиваемого автором алгебродинамического подхода.

Несмотря на то что очень трудно забыть всю физику, полученную в наследство от предыдущих поколений и впитанную в *alma mater*, все же следует пытаться это делать хотя бы частично. Как говорил А. Эйнштейн, «все знали, что это невозможно, а я “по своему невежеству” этого не знал, потому именно мне и удалось это сделать». Говоря же всерьез, следует опираться только на наиболее общие и *неконкретные* свойства окружающего нас Мира. Например, на факт существования нескольких классов тождественных по внутренним свойствам объектов (частиц, кварков, субкварков – на первом этапе не важно!), обладающих способностью к объединению (слиянию, взаимодействию) и к иерархии свойств возникающих составных объектов по отношению к разным пространственно-временным масштабам. В ортодоксальной физике именно эта проблема хорошо осознана в связи с необходимостью перехода от сверхмалых «планковских» масштабов к низкоэнерге-

математическому пределу, отвечающему шкале Стандартной модели. Однако математические возможности единообразного описания иерархических систем пока что весьма ограничены. Наиболее перспективными в этом отношении представляются структуры, связанные с упомянутыми выше фракталами (см., например, [21]).

Изначально имеет смысл предполагать также, что **первичная физика должна быть существенно нелокальной**, и именно глобальные свойства пространства-времени и согласованную глобальную динамику («сверхпричинные глобальные корреляции»), проявляющую себя как на микроуровне (квантовая нелокальность), так и в макромире (открытые в многолетних опытах С. Шноля универсальные корреляции случайных процессов [22]), должна в первую очередь кодировать первичная Структура! Действительно, существующая локальная физика возникла просто как результат ограничения человеческой практики и экспериментов чрезвычайно малыми по размерам и длительности областями. Поэтому с точки зрения математики и философии общего «нео-пифагорейского» подхода представляется вполне вероятным, что основным языком физики может стать язык топологии, отображений и функциональных уравнений (подробнее см. статью автора [16], раздел 4).

После выбора кандидата на роль первичной структуры ее анализ, прочтение ее свойств должны проводиться жестким дедуктивным путем. В частности, при этом необходимо исключить всякую возможность введения в схему феноменологических, подгоночных параметров «для лучшего описания наблюдаемых закономерностей». В противном случае мы никогда не поймем истинный язык Природы! Математические свойства положенной в основу первичной структуры должны быть прослежены до такой стадии, когда физическая интерпретация возникающих абстрактных структур и характеристических уравнений станет самоочевидной (хотя, возможно, и не единственной, см. выше). При отсутствии возможности естественной идентификации внутренних свойств структуры с физической реальностью следует не «улучшать» или «добавлять», а полностью менять исходную структуру и повторять исследования с другим кандидатом.

Очевидно, что предлагаемый радикально новый подход к построению физических теорий на первых порах может оказаться практически малоэффективным и неблагодарным. Действительно, даже «угадав» исключительную первичную Структуру, положенную Творцом в основу Мироздания (а скорее всего, имея дело лишь с ее вторичными фрагментами, «осколками»), трудно надеяться сразу же воспроизвести всю эффективную феноменологию описания природы, которая была выстроена (и продолжает создаваться, в том числе в рамках «суперструнной» парадигмы) многими поколениями ученых. В частности, трудно рассчитывать на быструю замену чрезвычайно громоздкой и искусственной с логической точки зрения, но феноменологически адекватной Стандартной модели какой-то превосходящей ее по эффективности описания альтернативной схемой, логически следующей

из свойств одной лишь первичной абстрактной Структуры. Не следует поэтому на первых порах и требовать от подобных общих подходов каких-то новых предсказаний, проверяемых экспериментально. Всему свое время. Понимаемая в современном смысле пифагорейская философия и основанная на ней новая методология естествознания (и, в первую очередь, фундаментальной физики) действительно предоставляет в наше распоряжение ключ к познанию Мира, к прочтению Книги Природы и позволяет совершенно по-новому взглянуть на происхождение истинных Законов Природы и на основополагающую роль идеальных платоновских форм в структуре этих Законов.

В заключение отметим, что представленный выше радикальный подход к построению физических теорий был по существу реализован в развиваемой автором алгебродинамической теории поля. Этот подход основан на концепции «Кватернионного Мира» и использует лишь внутренние свойства исключительных алгебр кватернионного типа и функций кватернионного переменного. С основными принципами алгебродинамики и с возникающей в ней неожиданной и красивой картиной физического Мира можно ознакомиться по популярным статьям автора [23–25], а также по сайту Web-Института изучения природы Времени www.chronos.msu.ru (электронная библиотека, статьи на русском языке) и в Архиве научных работ по теоретической физике www.arxiv.org/find (Kassandrov_V, статьи на английском языке).

Автор признателен В.И. Жарикову за многолетнюю дружескую поддержку и важные замечания по содержанию и стилю статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арнольд В.И. Математическая дуэль вокруг Бурбаки // Вестник РАН. – 2002. – Т. 72. – С. 245–250.
2. Симаков М.Ю. Пифагорейская программа. – М.: Диалог МГУ, 1997.
3. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. – М.: Наука, 1990. – С. 219.
4. Грин Б. Элегантная Вселенная. – М.: УРСС, 2004.
5. Дирак П.А.М. Лекции по квантовой теории поля. – М.: Мир, 1971. – С. 11.
6. Дирак П.А.М. Собрание научных трудов. – М.: Физматлит, 2005. – Т. 4. – С. 626.
7. Петухов С.В. Матричная генетика, алгебры генетического кода, помехоустойчивость. – М.–Ижевск: РХД, 2008.
8. Вигнер Е. Этюды о симметрии. – М.: Мир, 1971. – С. 182.
9. Арнольд В.И. Математика и физика: родители и дитя или сестры? // Успехи физ. наук. – 1999. – Т. 169. – С. 1311–1323.
10. Пенроуз Р. Путь к Реальности или законы, управляющие Вселенной. – М.; Ижевск: РХД, 2007.– С. 39.
11. Кассандров В.В. Алгебраическая структура пространства-времени и алгебродинамика. – М.: УДН, 1992. – С. 7.

12. *Кассандров В.В.* Число, время, свет // Математика и практика. Математика и культура / ред. М.Ю. Симаков. – М.: Самообразование, 2001. – № 2. – С. 61–76.
13. *Кассандров В.В.* Алгебродинамика: кватернионный код Вселенной // Метафизика. Век XXI / ред. Ю.С. Владимиров. – М.: БИНОМ, 2006. – С. 142–158.
14. *Тегмарк М.* Параллельные Вселенные // В мире науки. – 2004. – № 5. – С. 21–31; *Tegmark M.* Is the “theory of everything” merely the ultimate ensemble theory? // *Ann. Phys.* – 1998. – V. 270. – P. 1–51. URL: available at www.arxiv.org, gr-qc/9704009.
15. *Розенталь И.Л.* Геометрия, динамика, вселенная. – М.: Наука, 1987.
16. *Кассандров В.В.* Предопределение, выбор и свобода воли // Взаимосвязь физической и религиозной картин мира. Физики-теоретики о религии / ред. Ю.С. Владимиров. – Кострома, 1996. – С. 138–151.
17. *Фейнман Р.* Характер физических законов. – М.: Мир, 1968. – С. 208.
18. *Низовцев В.В.* Время и место физики XX Века. – М.: УРСС, 2009.
19. *Кулаков Ю.И.* Теория физических структур. – М., 2004.
20. *Кассандров В.В.* Кватернионный анализ и алгебродинамика // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. – 2003. – Т. 3. – № 2(6). – С. 58–84.
21. *Пайтген Х.-О., Рихтер П.Х.* Красота фракталов. – М.: Мир, 1983.
22. *Шноль С.Э., Коломбет В.А., Пожарский Э.В., Зенченко Т.А., Зверева И.М., Конрадов А.А.* О реализации дискретных состояний в ходе флуктуаций в макроскопических процессах // *Успехи физ. наук.* – 1998. – Т. 168. – С. 1129–1140.
23. *Кассандров В.В.* Предсвет, время, материя // На пути к пониманию феномена времени: Конструкции времени в естествознании. – Ч. 3 / ред. Левич А.П. – М.: Прогресс-Традиция, 2009. – С. 117–150.
24. *Кассандров В.В.* Алгебродинамика: предсвет, частицы-каустики и поток времени // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. – 2004. – Т. 1. – № 1. – С. 91–107.
25. *Kassandrov V.V.* Algebrodynamics over Complex Space and Phase Extension of the Minkowski Geometry // *Phys. Atom. Nucl.* – 2009. – V. 72. – P. 813–827.