

Г.Б. Аракелян
доктор философских наук

Введение

Известно, что после поистине потрясающих достижений первой трети двадцатого века последующее развитие физической теории, вопреки всем прогнозам, сильно замедлилось. В частности, оказались безуспешными все неоднократно предпринимавшиеся попытки создания фундаментальной (единой) теории, "теории всего", призванной охватить физический мир, объединив все разделы физики в единое целое. Очевидно, что, несмотря на существенный прогресс, в особенности в теории элементарных частиц и космологии, процесс создания фундаментальной теории зашел в тупик. Другими словами, физика вступила в критическую фазу своего развития, отмеченную такими характерными признаками, как общая неудовлетворенность существующим положением вещей, ощущение недостаточной целостности физической картины мира, потребность в "достаточно безумных" идеях, отсутствие (при наличии множества феноменологических, полуфеноменологических теорий и моделей) глубоко разработанных, получивших общее признание фундаментальных теорий. Из истории науки известно, что кризис в той или иной области знания – это прежде всего кризис ее оснований, "драма идей", образующих философский, методологический и научно теоретический фундамент данной науки. Отсюда и необходимость переосмысления, а возможно и существенного пересмотра этой основы, что невозможно осуществить без непосредственного философского, методологического вмешательства.

В настоящей статье представлен существенно новый подход к основаниям физики, новая программа построения фундаментальной теории, впервые изложенная в монографии¹, появлению которой предшествовали многолетние исследования². А в окончательном виде теория ЛМФ изложена в капитальной монографии³ и в ее сильно сокращенном варианте – вышедшей в свет в 2007 г. книге⁴. Теория ЛМФ, задуманная как базисная, материнская теория физического мира, нечто вроде "общей теории всех физических теорий" она, как представляется, успешно решает ряд проблем физической теории, которые в последнее время стали приобретать

репутацию “практически непробиваемых”. Здесь, однако, не место сколько-нибудь подробно обсуждать содержание упомянутой теории ЛМФ, поэтому речь в основном пойдет о лежащих в ее основе философских и логико-методологических идеях и принципах. Некоторые из затронутых при этом вопросов характерны для любого рассмотрения оснований естественнонаучной теории.

Что такое физика?

Сущность и основные положения излагаемого подхода попытаемся шаг за шагом прояснить, отвечая (хотя, естественно, без подробностей и без развернутого обоснования) на последовательно поставленный ряд вопросов. Первый из них относится к определению физики как науки. Имеющиеся во множестве в энциклопедических справочниках, учебниках по физике и т.п. определения не удовлетворяют тем элементарным требованиям, которые обычно предъявляются к определению научной дисциплины. Между тем, требования эти просты и общеизвестны: каноническая формула “... – наука о ...”, например, “математика – наука о *математических величинах*”, “ботаника – наука о *растениях*”, с ключевыми словами *математическая величина* (теоретический конструкт) и *растение* (вещественный элемент), смысл которых раскрывается и уточняется в процессе развертывания теории. В соответствии с этим физика – наука о *физических величинах* и есть все основания полагать, что любое суждение о физической реальности есть с необходимостью суждение о *физических величинах*. Нетрудно показать, что даже в тех предложениях физики, где нет прямого упоминания физических величин, они, в слегка завуалированной форме все равно фактически присутствуют. Такое, например, стандартное предложение как “система находится в состоянии термодинамического равновесия” – это всего лишь сокращенная запись утверждения о сохранении численных значений некоторых, характеризующих систему физических величин.

Что такое фундаментальная физическая теория?

Простой ответ на этот вопрос фактически уже содержится в принятом выше определении физики как науки: **фундаментальная физическая теория – теория фундаментальных физических величин**. Процесс формирования фундаментальной теории, точнее претендентов на это звание,

выдвижение соответствующих исследовательских программ сопряжено с большими трудностями различного свойства. Можно выделить четыре основных методологических подхода, названных нами *юнионистским*, *методом математического поиска*, *экстраполяционным* и *константным*¹. По крайней мере один из них используется во всех когда-либо предлагавшихся программах построения фундаментальной теории⁵. Анализ показывает, что практически во всех случаях, при любом подходе и в любой из программ исключительно важным является вопрос о соотношении между физическими величинами и математическим аппаратом или, в более общей постановке, вопрос о соотношении между *физикой* и *математикой* фундаментальной теории.

О роли математики в физической теории

Если математика – наука о математических, а фундаментальная физика – о фундаментальных физических величинах, то проблема их взаимоотношения по сути сводится к вопросу о *связи между математическими и фундаментальными физическими величинами*. Это ключевой момент и ему придется уделить особое внимание. С одной стороны выбор первичных физических величин во многом предопределяет форму математической, аналитической связи между ними, а с другой – роль математического фактора при таком выборе весьма существенна. Эти два положения, в особенности первый, можно проиллюстрировать на многочисленных примерах из истории физики. Так, фундаментальные понятия ньютоновой механики – масса, сила, количество движения и представление о непрерывности континуумов точек пространства и времени предопределяют и форму математической связи между физическими величинами. Появляется метод флоксений, позволяющий записывать изменения величин в пространстве евклидовой геометрии посредством того, что позже стали называть дифференциальными уравнениями. Спустя два столетия осознание необходимости производить операции непосредственно над величинами, а не их координатами, создание векторного анализа и понимание некоторых величин как трехмерных, трехкомпонентных векторов привело к замене трех уравнений для координат 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.

Далее, основные полевые величины классической электродинамики – напряженность и индукция электрического и магнитного полей – во многих отношениях аналогичны векторным величинам механики и не случайно, что евклидова геометрия, дифференциально-интегральное исчисление и векторный анализ сохранили свои позиции и в электродинамике Максвелла. При обычном выборе переменных физических величин математическая запись постоянства скорости света в вакууме определяет специфику формализма специальной теории относительности (группа Пуанкаре, псевдоевклидово пространство с четвертой мнимой компонентой), который в свою очередь ознаменовался появлением новых инвариантных физических величин. Это четырехмерные, четырехкомпонентные пространственно-временной интервал, импульс-энергия, вектор-потенциал электромагнитного поля, глубже и адекватнее отражающие природу физической реальности, чем их трехмерные предтечи. Аналогично, свойствами таких квантовомеханических и квантовополевых величин как вектор состояния ψ и S -матрица предопределяется применение матриц и операторов в физической теории.

Продолжая историческую иллюстрацию положения об имманентной связи между физической величиной и сопутствующим ей математическим формализмом, нельзя не упомянуть о таких двух гранях проблемы как *альтернативность при выборе первичных физических величин* и обусловленность математического формализма не просто выбором той или иной физической величины, а в решающей степени *численным значением* последней. Так, наряду с ньютоновским представлением классической механики были созданы гамильтонов и лагранжев формализмы, сыгравшие, кстати, выдающуюся роль в развитии физической теории: хорошо известны матричное (Гейзенберг), волновое (Шредингер) и лагранжево (Фейнман) представления квантовой механики. Что касается второй грани, связанной с численными значениями исходных величин, то в зависимости, допустим, от близости рассматриваемых скоростей частиц или тел к значению скорости света в вакууме c , различают нерелятивистский, полурелятивистский релятивистский и ультрарелятивистский случаи; в зависимости от значения величины, называемой действием, 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. Но в случае со спином и это еще далеко не все. Частицы с нулевым, или целым, в единицах $\hbar$, спином относятся к бозонам и описываются статистикой Бозе – Эйнштейна, а фермионы, или частицы с полуполным спином – статистикой Ферми – Дирака. Более того, 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 серьезные 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 физических величин как тензор энергии-импульса, матричный тензор, тензор Риччи непосредственно связаны 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.

В свете сказанного вернемся к излагаемой здесь концепции. Несомненно, книга природы написана, по крылатому выражению Галилея, 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 составляет глубинную основу физики? В истории немало примеров, когда исходя из чисто математических соображений, в частности геометрических и арифметических, включая сюда и числовую магию, пытались определить правила математической игры, которым должна подчиняться природа. Вспомним хотя бы древних пифагорейцев и платоновского демиурга в “Тимее”, или, допустим, “фундаментальную теорию” Эддингтона. Какова же наша позиция?

Единство логики, математики и физики – суть концепции

Как уже отмечалось, проблема взаимоотношения между чистой математикой и физической теорией была, по сути, сведена к вопросу о связи

между математическими и фундаментальными физическими величинами. Но прежде, чем внести ясность, конкретизировать это положение, удобно наше общее представление о фундаментальной физической теории вместе со всем ее окружением схематически изобразить с помощью традиционного образа дерева: атмосфера возле дерева – философия, почва – методология, корни – логика, ствол – чистая математика, отходящие от ствола ветви – фундаментальная физика, кроны – остальная физика, плоды от дерева – приложения физики в науке и технике⁶. Данная схема дерева призвана наглядно показать, что, согласно предлагаемой концепции, фундаментальная физическая теория вырастает, поддерживаемая математическим стволом из чистой математики, корнями уходящей в логику. Таким образом, речь идет о математике и логике (а не только математике) как не просто о языке физической теории, методе, средстве описания физической реальности и т. п., а об их единстве в более сильном смысле, о целостной системе со строгими естественными связями между отдельными ее частями. *Единство логики, математики и физики, точные основания фундаментальной физической теории*, понимаемой как теория фундаментальных физических величин – такова, в самых общих чертах, суть всей концепции.

Прежде, чем сказать несколько слов о самой теории ЛМФ (аббревиатура слов *логика, математика, физика*), являющейся конкретной реализацией⁷ изложенной выше программы, необходимо отметить относительную самостоятельность отдельных частей системы ЛМФ, которая выражается, например, в возможности четко отличать логическое понятие от математического, а математическую величину от физической, что значительно облегчается применением формальных методов. В конструктивном плане главная цель программы состоит в нахождении и использовании “пуповины”, соединяющей ядро, сердцевину физической теории с ее логико-математической основой.

Единство логики, математики и физики – теория ЛМФ

Теория ЛМФ как реализация идеи органического единства математической логики, числовой математики и собственно физической теории представляет собой, с точки зрения ее структуры, полуформальную, частично аксиоматизированную систему. Основное формальное ядро этой системы включает в себя 18 логических постулатов (аксиомных схем и

правил вывода) исчисления предикатов, 7 аксиом и 5 исходных функциональных уравнения (числовой) математики и систему из четырех физических кодов – исходных физических уравнений. Здесь нет никакой возможности говорить о каждом из компонентов, или даже об отдельных их группах; наше рассмотрение ведется на уровне общих идей, с акцентированием некоторых наиболее важных в данном контексте моментов.

В формализме триединой логико-математико-физической системы формализованная математика уходит своими корнями в логику, притом математическую. Выбор же конкретного исчисления математической логики как первичного звена триединой системы фактически безальтернативен. Это связано с тем, что классическое исчисление предикатов (без равенства), включающее и исчисление высказываний в качестве составной части, может служить, при соответствующих модификациях, формальной основой для множества самых различных математических систем и вполне подходит и для указанной цели.

Разумеется, могучим ветвям фундаментальной физики нужен могучий математический ствол, иначе говоря, переход от универсальной логики к фундаментальной физике можно осуществить лишь посредством универсальной математики. Все это не просто игра слов, а единственный, по сути, вариант построения триединой системы ЛМФ. Искомая система из семи математических аксиом, совместно с предшествующими ей логическими постулатами обычно обозначается через **AG** и имеет множество интерпретаций как числовой, так и нечисловой – теоретико-групповой природы⁷. Именно в этом ее главное преимущество перед широко известной из курсов математической логики системы формальной арифметики **N**, имеющей числовую интерпретацию лишь на множестве всех натуральных чисел. Для оснований физической теории, первичными элементами которой являются числовые величины, интерес, конечно, представляют числовые интерпретации формальной системы. В области чисел система **AG** фиксирует известные свойства операций равенства, сложения, вычитания, а также единственного аксиоматически задаваемого объекта – нуля. Главное, что среди всевозможных ее интерпретаций есть и интерпретация на множестве всех чисел, а это, как показывает анализ ситуации, является необходимым условием реализации идеи указанного единства.

С построением формально-аксиоматической системы **AG** возникает ряд вопросов, ответ на которые в решающей степени влияет на все

дальнейшие построения. Как должен осуществляться переход от аксиоматически задаваемых основных свойств числа к конкретным числам? Какие именно числа должны следовать за нулем в формальной иерархии математических величин, являющейся естественным продолжением и необходимым следствием принятой системы постулатов и аксиом? Каковы фундаментальные правила – законы, устанавливающие соответствие между различными множествами, составленными из переменных и постоянных величин или, иначе говоря, каковы исходные, материнские функции, посредством которых строятся остальные? Ответ на поставленные вопросы содержится в системе пяти функциональных уравнений Е, вскрывающих основные конструктивные резервы системы АГ, использованием ее элементов и основополагающих принципов построения. Конкретно, посредством функциональных уравнений через первичные понятия независимой переменной, функции, суперпозиции функций и через исходные операции равенства, сложения (и вычитания) вводится операция умножения (деления), обобщающие аксиоматически заданные свойства нуля на функциональный случай и используется принцип суперпозиции в наиболее общем виде – в бесконечном пределе для произвольно взятого, мнимого или действительного, числа. В итоге, как единственное решение данной системы функциональных уравнений, получаем, что первичными материнскими функциями всей системы, физической математики являются экспонента e^z и обратная ей функция комплексного логарифма $\text{Ln } z$, а начальными числами, наряду с 0, оказываются хорошо известные фундаментальные константы e , π , 2, i , а также константа Ламберта $W(1)$ и новая константа ω (пронимается как русское “а”). Последняя является как бы скрытым, ранее неизвестным математическим параметром, “секретным оружием” математики, без которого некоторые проблемы фундаментальной физики попросту неразрешимы.

Мы полагаем, что набор из материнских функций e^z , $\text{Ln } z$ и фундаментальных констант e , π , 2, i , $W(1)$, ω , γ (константа Эйлера – появляется при переходе от элементарных математических функций к неэлементарным), вкупе с указанными выше основными элементами и принципами построения системы АГ, является необходимым и достаточным базисом как для построения множества всех чисел и функций, так и для потребностей фундаментальной физики.

Система AGECA

Не вдаваясь в дальнейшие подробности, отметим только, что переход от математического ствола к ветвям фундаментальной физики, обозначенный как переход от математических величин к фундаментальным физическим величинам, есть на деле переход от фундаментальных математических констант и переменных к фундаментальным физическим постоянным и величинам. Он осуществляется посредством системы четырех физических кодов C , то есть четырех исходных уравнений физической теории, в которые входят известные физические постоянные c – скорость света в вакууме, $\hbar$ – постоянная Планка, G – гравитационная постоянная, G_F – константа Ферми, k – постоянная Больцмана, наряду с оцениваемыми как фундаментальные переменные величины e_j – семейство рядов четырех типов, m_j – масса, λ_j – комптоновская длина, Ω_j – число микросостояний макросистемы, S_j – энтропия. Важно отметить, что система кодов C является не искусственно придуманной конструкцией, а естественным продолжением логико-математической системы AGE в физическую область. Точнее, это физическая интерпретация единственно возможного, с точки зрения системы AGE экспоненциально-логарифмического представления начал физической теории: получается же оно простым перебором всех допустимых здесь вариантов. Последним компонентом формализма теории ЛМФ, завершающим ее построение является безразмерная система измерения физических величин, или, короче, А-система. Построение А-системы означает, помимо прочего, что в рамках единого формализма получено комплексное решение двух исторических задач, поставленных еще в начале века М. Планком и Д. Гильбертом. Основная идея А-системы состоит в приведении всех физических величин к форме математического числа, для чего необходимо, во-первых, построить систему измерения физических величин, основанную не на граммах, сантиметрах, секундах и т. п., а исключительно на фундаментальных физических постоянных и, во-вторых, свести все физические константы к математическим. В используемых в физике безразмерных системах измерения физических величин, например в известной системе Планка ($c = \hbar = G = k = 1$), выполнена лишь первая часть программы. Предложенная же в виде манифеста, хотя и по другому поводу, идея Д. Гильберта "сведения всех физических постоянных к математическим

константам⁸ в этих системах, по сути, не реализована, поскольку взятые за основу физические постоянные приравниваются здесь 1, а не фундаментальным математическим константам, или их простейшим комбинациям. Поэтому все подобные безразмерные системы определяют не истинные значения физических величин, а лишь их значения относительно достаточно произвольно выбранных единичных масштабов. Фактическое сведение двух исторически поставленных задач посредством А-системы в одну приводит к удивительным результатам: достаточно сказать, что в А-системе истинное численное значение универсальной константы Ферми G_F , определяющей интенсивность взаимодействия для 24 фундаментальных фермионов и 24 фундаментальных бозонов с точностью порядка 10^{-6} оказывается равным изящному и простому выражению e^{-48} .

Среди других задач, решаемых средствами единой пятичленной системы AGECA, составленной из логической (А), логико-математической (G), математической (Е), математико-физических (С и А) частей, перечислим лишь важнейшие: определение посредством физических кодов класса фундаментальных физических величин и физических законов трех типов – сохранения, изменения и квантования, а также их обобщений; построение обобщенной теории золотого сечения как приложения теории ЛМФ; решение в общем виде, а конкретно для некоторых физических постоянных “непробиваемой” проблемы теоретического определения их численных значений путем сведения физических постоянных к математическим константам. При этом теоретически определенные значения “независимых” физических постоянных находятся в согласии с эмпирически полученными данными.

Ссылки и примечания:

1. Аракелян Г.Б. Основания физической теории, Ереван, 1997.
2. Аракелян Г.Б. О доказательстве в математике (Методологический анализ), Ереван, 1979; Фундаментальные безразмерные величины, Ереван, 1979; Числа и величины в современной физике, Ереван, 1989; *Fundamental Theory in Physics: Dream and Reality // Synopsis*, vol. 2, Yerevan, 1993; *Physical Values in the Evolution of Physics // Synopsis*, vol. 4, Yerevan, 1994; *The New Fundamental Constant of Mathematics // Pan-Armenian Scientific Rev.*,

vol. 2, N1. London, 1995. pp. 18–21; On The Philosophical, Logical-Mathematical Foundation of Fundamental Physics and the Outline of LMP Theory // Armenian Mind. Yerevan, 1997.

3. Аракелян Г.Б. Фундаментальная теория ЛМФ. – Ереван, 2007.

4. Аракелян Г.Б. От логических атомов к физическим законам. Ереван, 2007.

5. Уже по названиям оригинальных работ можно судить о сущности применяемого в каждом отдельном случае подхода: *Eddington A.S. Fundamental Theory*, Cambridge, 1946; *Mie G. Die Grundlagen einer Theorie der Materie* // *Ann. Phys.* 1912, 37, S. 511–534; *Ibid.*, 1912, 39, S. 1–40; *Ibid.*, 1913, 40, S. 1–66; *Вейль Г. Гравитация и электричество* // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М., 1979. с. 513–527; *Эйнштейн А. Собр. науч. трудов*, т. II. М., 1966; *Гильберт Д. Основания физики* // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М., 1979. с. 133–145; *Калуца Т. К проблеме единства физики* // Там же. с. 529–534; *Гейзенберг В. Введение в единую полевою теорию элементарных частиц*. М., 1968; *Боголюбов Н.Н., Логунов А.А., Тодоров И.Т. Основы аксиоматического подхода к квантовой теории поля*, М., 1969; *Wess J. and Zumino B. Supergauge Transformations in four-dimensions* // *Nucl. Phys.* B70, 1974; *Фридман Д., Ньювенхейзен П. ван. Супергравитация и унификация законов физики* // УФН, 1979, т. 128, вып. 1; *Davies P.C.W. and Brown J.R. (Eds.). Superstrings: A Theory of Everything?* Cambridge, 1988; *Green M.B., Schwarz J.H., and Witten E. Superstring Theory*, vol. 1: Introduction, Cambridge, 1987; *Ibid.*, vol. 2.

6. Аракелян Г.Б. Числа и величины в современной физике // Автореферат докторской диссертации. С.-Петербург, 1992.

7. См., например, Клини С. Математическая логика. М.: Мир, 1973. с. 259–263.

8. Гильберт Д. Основания физики // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. с. 145.