

## МЕТАФИЗИЧЕСКИЙ СТАТУС ФИЗИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ

Алексей Буров и Лев Буров

Предлагаемый текст является переводом статьи авторов “Metaphysical Status of Physical Laws”, представленной на конференции International Society of Neoplatonic Studies, Ottawa, 2019, и опубликованной в сборнике избранных докладов конференции.

Книга о природе написана языком математики, — провозгласил Галилей. Что он имел в виду?

Что природные процессы поддаются количественному анализу? Что между измеряемыми параметрами есть связи и корреляции? В его время это было бы не меньшей банальностью, чем в наше.

Нет, мысль Галилея была поистине революционной. Утверждала она нечто куда большее, чем возможность подсчёта или измерения: считать овец и мерить своё имущество человек умел испокон веков. Она была совершенно иного порядка, чем даже модель Птолемея, которая, конечно, являла великолепный античный пример искусства подгонки кривых, но дальше указания на какие-то регулярности в траекториях планет понимание природы не продвигала.

Галилей, на самом деле, предлагал программу поиска *постулатов природы*, её математических принципов, скрытых за явлениями. Он был гораздо ближе к пифагорейцам с их загадочным кредо «вещи суть числа», чем к измерениям а-ля Фрэнсис Бэкон, эмпирическим и поверхностным.

Сегодня эта идея привычна нам с детства, поэтому многим (а уж учёным тем более) нелегко оценить всю её революционность. Только если освежить наш взгляд на природу, мы заметим: на эвклидовы построения она ничуть не похожа. Вот когда до нас дойдёт новаторская суть программы Галилея.

Адекватная оценка идеи истинно революционной укажет её место: на грани безумия, которым, согласно Нильсу Бору, отмечена всякая глубокая истина.

Не на пустом месте возникла у Галилея идея математической природы. В ней слились два источника.

Один из них — пифагорейско-платонический — коренился в античной математике, в особом размышлении, *theōria*, о совершенных идеях.

Другой — библейский — сам являет собой синтез двух начал. Первое утверждает, что материальный мир изначально «хорош» и, следовательно, заслуживает внимания сам по себе, а не только в прагматических целях комфорта и власти. Второе же мыслит человека как подобие Божие, открывая этим возможность

постижения мира в больших масштабах. Мысль о том, что мир, благой по своей сути, основан на совершенных формах разума, открытых человеческому познанию, совершенно естественна для библейского платоника. А вот для эмпирического «здорового смысла», как и для чуждых платонизму религиозных мировоззрений — эта мысль остаётся непостижимой.

Галилей имплицитно основывал свою познавательную программу на вере в особое совершенство скрытых математических аксиом природы, её платоновских форм или законов, сочетающих в себе достаточную простоту, чтобы их можно было открыть, с достаточной сложностью, чтобы допускать богатство природы. Подчеркнём это обстоятельство: малейшее усложнение законов создало бы огромный скачок в трудности их открытия, и наоборот — будь они хоть немного проще, Вселенной не достало бы структурного разнообразия для возможности жизни, не говоря уже о познающем её мозге.

Декарт мыслил аналогичным образом — и установил ту же парадигму математичности Вселенной. Таким образом, пифагорейская вера Галилея и Декарта заключала в себе скрытое соединение, минимакс простоты и сложности. Эта вера и составляет платоническо-библейское основание физики, задавая как возможность познания Вселенной, так и его предельную ценность, осмелимся даже сказать, святость.

Хотя этот синтез до сих пор виден лишь горстке учёных и философов, его плоды не заставили себя долго ждать; один за другим появлялись механика, электродинамика, специальная и общая теория относительности, квантовая механика, квантовая теория поля, электрослабое объединение, хромодинамика, поле Хиггса, все теории, составляющие сегодня «Стандартную модель». По своей сути физика является редукционистским познанием, сводящим явления к фундаментальным законам. Поэтому она растёт не только вглубь, отыскивая новые и более глубокие законы, но и вширь, применяя их ко всё более и более сложным системам; объектом её изучения становится весь материальный мир в той гигантской мере, в какой он законам подчинён.

Процесс поиска новых законов продолжается, но было бы полезно подвести итоги, обзор основных выводов. В эссе *Мойра и Илифия Гenezиса* мы предложили перечень философски значимых качеств установленных законов природы. Позволим себе большую цитату:

Прежде всего, законы наделены своеобразной математической красотой, соединяя в себе формальную простоту, богатство решений и ту или иную симметрию, часто напрашиваясь уму, одарённому интуицией. Эту особую красоту иногда называют *элегантностью*. Таким образом,

элегантность имеет решающее значение для рождения гипотезы, самой загадочной части открытия.

Во-вторых, законы охватывают огромный диапазон параметров (расстояний, интервалов времени, энергий и т. п.), причём с фантастической точностью: вплоть до двенадцати десятичных знаков. Это качество законов можно назвать всеобщностью, *универсальностью*.

Наконец, законы допускают возможность возникновения и развития жизни, со всем ее богатством, вплоть до разумной жизни; по установившейся терминологии, это качество можно назвать *антропным*.

Совместное присутствие этих трёх качеств позволило великим умам открывать законы, и по этой причине кажется, что наиболее подходящим термином, объединяющим все три, является *открываемость (discoverability)*. Мы предложили называть вселенную, законы которой удовлетворяют *Принципу открываемости*, соединяющему элегантность, универсальность и антропность — *пифагорейской*.

Единственное объяснение открываемости состоит в том, что законы исходят от высшего разума, создавшего Вселенную когнитивно само-согласованной, т. е. пригодной не только для населённости мыслящими существами, но и для космической познаваемости ими. Как знать, не составляют ли наши законы простейший, а то и уникальный, набор, совместимый с их открываемостью?

Диапазон физического познания — как теоретического, так и экспериментального, составляет сегодня около 45 порядков: от размера Вселенной,  $\approx 10^{26}$  метров, до масштаба меньшего, чем у топ-кварка и бозона Хиггса,  $\approx 10^{-19}$  метров. Точность фундаментальных законов в этом космическом диапазоне параметров поразительна. Например, теоретически предсказанное значение магнитного момента электрона согласуется с его тщательно измеренным значением в пределах погрешностей последнего, на сегодня — в двенадцати десятичных знаках. Подобного рода согласие характерно и для общей теории относительности. Таким образом, современное человечество открывает свой космический масштаб, масштаб космических наблюдателей.

На божественное происхождение законов указывали все отцы-основатели теоретической физики, от Галилея и Ньютона до Эйнштейна, Гейзенберга и зрелого Дирака; не случайно среди них не было ни одного скептика в античном или юмовском смысле слова и никого, кто называл бы себя атеистом. Разновидности подобных взглядов существовали уже в античности, будучи известны и в Новое Время, эпоху Просвещения и далее, примерами чему служат Давид Юм, Эрнст Мах, Людвиг Больцман и значительное число других интеллектуалов. Однако ни один из

них концептуальных основ физики не заложил, в лучшем случае способствовал её развитию на существующей концептуальной базе. Вот что писал об этом Эйнштейн:

Предложенная здесь интерпретация религии подразумевает зависимость науки от религиозного воззрения; эта связь слишком легко упускается из виду в наш преимущественно материалистический век. Хотя и верно, что научные результаты полностью независимы от религиозных или моральных соображений, те люди, которым мы обязаны великими достижениями науки, были проникнуты истинно религиозным убеждением, что наша Вселенная есть нечто совершенное и открытое стремлению к рациональному познанию. Если бы это убеждение не было столь эмоциональным и если бы искавшие не были вдохновлены *Amor Dei Intellectualis* Спинозы, они вряд ли были бы способны к той неутомимой преданности, которая одна только и позволяет человеку выйти к величайшим достижениям... Эта твёрдая, связанная с глубоким чувством, вера в высший разум, открывающийся в мире опыта, представляет мою концепцию Бога. (Ideas and opinions, 1948)

Однако же ситуация на вершине современного физического Олимпа обратна сказанному: сегодня там господствует сциентистская смесь атеизма и скептицизма. Вопрос о причинах этого философского сдвига в высших эшелонах физики важен, но лежит за рамками данной темы. Здесь мы лишь упомянем факторы, которые представляются существенными: бурное развитие физики вширь, со специализацией даже внутри фундаментальной физики; кажущиеся иррациональными парадоксы квантовой механики; исторические катастрофы XX века — все эти обстоятельства способствовали утрате философии физиками и утрате физики философами.

Нефилософское состояние физики отчеканено в известном высказывании Стивена Вайнберга: «большинство современных физиков до такой степени не интересуются религией, что их даже нельзя считать практикующими атеистами». Авторы считают возрождение взаимопонимания физики и философии одной из самых важных и трудных задач, стоящих перед человечеством.

С одной стороны, указанный выше характер законов с фантастической силой подтверждает платонову теорию форм. С другой стороны, платонизм в физике сталкивается с определённой критикой, которую мы рассмотрим ниже.

Имеет смысл спросить: насколько справедливо считать физические законы платоническими формами? Одно из наиболее распространённых возражений платоническому воззрению на физику связано с представлением о

приблизительности физических законов. Отсюда делается вывод о неоправданности онтологизирования их статуса, который следует понимать лишь операционно-прагматически.

Это возражение основано, однако, на непонимании особого характера приблизительности законов. Отмеченная критика платонизма упускает из виду ту огромную точность в широком диапазоне параметров, что присуща даже ньютоновой небесной механике, не говоря уже о квантовой электродинамике и общей теории относительности. Одна тысячно-миллиардная, или двенадцать десятичных цифр, а возможно, и больше — несколько многовато для объяснения простоты законов нашими нуждами и случайностью. Объяснять такую точность удачным выбором удобных формул с очень небольшим количеством свободных параметров абсурдно; такой уровень согласия может быть объяснён только открытием подлинного закона Вселенной самой по себе.

Смысл приближённости физического закона становится ясным с открытием более глубокого, более общего закона. Открытый ранее «классический» закон сохраняет свою силу не только как удобная, более простая и часто более чем достаточно точная формула, но и как точная математическая асимптота закона следующего уровня. Классическая механика, например, есть точный математический предел релятивистской механики, когда скорость света приближается к бесконечности; это также асимптота квантовой механики, когда постоянная Планка стремится к нулю.

Таким образом, основывать возражение физическому платонизму на неточности законов — слишком неточно. Адекватной характеристикой законов является не их приближённость, а их асимптотическая истинность. Конечно, мы не знаем и, скорее всего, никогда не узнаем платоновских форм природы во всей их полноте. Но многие из их асимптотически точных формулировок уже известны на нескольких уровнях, и это знание может быть лишь дополнено ещё более глубокими асимптотическими отношениями.

Знаменитое эссе одного из отцов квантовой физики Юджина Вигнера *Непостижимая эффективность математики в естествознании* следующим образом характеризует связь между старыми, классическими, и новыми, более глубокими законами:

Автор настоящей работы имел случай некоторое время назад обратить внимание на последовательность слоёв «законов природы», причём каждый слой содержит более общие и всеобъемлющие законы, чем предыдущий, и его открытие представляет собой углубление нашего проникновения в структуру Вселенной.

Связь теорий разного уровня не исчерпывается асимптотической эквивалентностью. В открытии квантовых законов неоценимую роль сыграло их структурное родство классическим, получившее название «принципа соответствия»: квантовые законы получались из классических посредством простых синтаксических замен.

Философ Робин Коллинз характеризует отношения между теориями разных уровней как «иерархическую простоту»:

Коллинз утверждает, что общая теория относительности была бы почти невысказима без уже существующей ньютоновской теории гравитации, но и в этой ситуации открытие общей теории относительности потребовало подлинного акта гения. Разработка ньютоновского закона всемирного тяготения также требовала гениальности, но не только; она могла состояться потому, что и сами законы тяготения были простыми, и что из них следовали простые правила движения планет, а именно три закона Кеплера. Даже при этих простых законах планетарного движения, Кеплеру понадобилось пятнадцать лет проб и ошибок, чтобы их открыть. Подобно превосходному наставнику, Вселенная оказалась не настолько требовательной, чтобы гарантировать неудачу; нет, скорее она позволяла человечеству систематически добиваться успехов перед лицом достойных вызовов. (Gonzalez and Richards, *The Privileged Planet*)

Благодаря этим глубоким связям между старыми и новыми законами, физики почти никогда не характеризуют классическую механику такими словами как «ложная» или «ошибочная», сплошь и рядом употребляемыми философами науки. Ещё раз процитируем Вигнера в этой связи, в вольном переводе авторов:

Закон всемирного тяготения был установлен Ньютоном не без внутреннего сопротивления из-за проблемы дальнего действия. Основными аргументами в пользу закона были его математическая элегантность и определённая точность описания орбит. Последняя по нынешним критериям выглядела более чем скромно, лишь около 4%. С течением времени развитие экспериментальной техники и вычислительной физики улучшало эту точность на порядки. Ныне она в десятки тысяч раз лучше зарегистрированной Ньютоном; со временем этот закон стал так тесно связан с идеей абсолютной точности, что только недавно физики снова осмелились исследовать его пределы. [См., например, R.H. Dicke, *Am. Sci.*, 25 (1959).] Небесная механика Ньютона должна рассматриваться как выдающийся пример закона, сформулированного в простых для математика терминах и при этом доказавшего точность выше всех разумных ожиданий.

В завершение этого эссе Вигнер отмечает, что эффективность математики в физике есть «тайна, которую мы и не постигаем, и не заслуживаем». Другой основоположник квантовой физики, Поль Дирак, созерцая ту же тайну в конце своей жизни, следующим образом суммировал свой опыт:

Если вы восприимчивы и смиренны, математика сама поведёт вас за руку. Столько раз, когда я терялся в догадках, как двигаться дальше, следовало лишь подождать, пока такое случится. Это вело меня по неожиданному пути, по пути, где открываются новые виды, пути, ведущем на новую территорию, где можно установить оперативную базу, с которой можно осматривать окрестности и планировать будущий прогресс. (Fermelo, *The Strangest Man*)

Историк науки Марк Штайнер (Steiner, 1998) показывает, насколько точно этот образ отражает опыт физических открытий в целом, заключая об удивительной дружелюбности Вселенной математическому познанию: «Вселенная выглядит интеллектуально удобной для пользователя.»

Философ Марк Колыван спрашивает, может ли реалистический или антиреалистический взгляд на математику разрешать проблему её вигнеровской эффективности, формулируемую следующим образом:

Проблема является эпистемической (epistemic): почему математика, развивавшаяся прежде всего по эстетическим соображениям, столь существенна как в открытии, так и в формулировании наших лучших физических теорий? (Colyvan, 2009)

Далее он отмечает, что ни математический реализм Куайна и Патнэма, ни антиреализм Филда на этот ключевой вопрос не отвечают. Авторы согласны с Колываном, что признания объективности математики недостаточно, чтобы ответить на проблему Вигнера, но это не означает, как мы стремимся показать, что этого признания можно избежать.

Несовместимость сциентизма с открываемостью фундаментальных законов всё более тревожит тех учёных, кто хотел бы держаться подальше от религиозно заряженных вопросов. Физик-теоретик Сабина Хоссенфельдер обсуждает странную роль математической красоты в физических открытиях: «Почему законы природы должны заботиться о том, что я нахожу красивым?» — спрашивает она, отмечая, что «такая связь между мной и Вселенной кажется слишком мистической, слишком романтической, слишком не по мне», развивая далее эту мысль:

Сомневаюсь, что моё чувство прекрасного является надёжным проводником к открытию фундаментальных законов природы, законов, определяющих поведение таких сущностей, прямого сенсорного восприятия которых я никогда его не имела, не имею и не буду иметь. Чтобы такое чувство было закреплено в моём мозгу, оно должно было быть полезным в ходе естественного отбора. Но какое эволюционное преимущество могло бы стоять за пониманием квантовой гравитации? (Hossenfelder, *Lost in Math*, 2018)

Грэм Фармело, автор биографии Дирака *Наистраннейший человек*, рассматривает и обратную связь физики и математики. В книге «Вселенная говорит числами» он пишет:

В лекции 1939 года *О связи между математикой и физикой* Дирак утверждал, что «со временем становилось всё яснее, что правила, которые математик находит интересными, — те же, что избраны Природой». В последние десятилетия эти слова стали выглядеть отменно дальновидными. Не только математика «непостижимо [unreasonably] эффективна» в физике, как заметил Юджин Вигнер, но верно и обратное: физика непостижимо эффективна в математике. Не может ли эта двусторонняя непостижимость вести нас к единому пониманию физики и математики, как предполагал Дирак? (Farmelo, 2019)

Одним из первых критиков платоновской теории форм был Аристотель. Соглашаясь с объективностью форм вообще и математических в частности, он склонялся к отрицанию их существования в отрыве от материальных вещей, «как говорят некоторые». Математика, однако же, родилась именно из рассмотрения её сущностей с точки зрения их собственных взаимосвязей, при тщательном и систематическом отделении от физического мира, то есть не по Аристотелю, а так, как и говорили эти «некоторые». Например, одна из древнейших теорем, арифметическая теорема Пифагора, утверждает невозможность представить квадратный корень из двух отношением целых чисел; доказана она была совершенно безотносительно к физическому миру. Более того, эта теорема содержит неявное, но отчётливое дистанцирование от описаний физического мира, всегда приближённых. Даже геометрия, столь близкая физическим объектам, строилась не по эмпирическим приближённым правилам, а по законам абсолютно точной дедуктивной логики, свободной от связей с физическими сущностями.

Если бы античные мыслители дружно согласились с Аристотелем о несуществовании математических форм самих по себе, независимо от чувственно



воспринимаемых вещей, то пифагорейско-платонической математики не было бы; последняя осталась бы тем, чем и была до Пифагора: собранием инструкций для землемеров и архитекторов. Неудивительно, что среди великих математиков с античности и до нашего времени не было ни одного приверженца аристотелевского взгляда, и не случайно перипатетики были главными противниками отца математической физики, Галилея.

Ещё одно возражение против платонизма возникает из отождествления его с экстремально редуccionистским расширением теории форм, распространяющим её на человеческий ум, как на якобы вполне природную сущность. Такое возражение отмечает метафизические и этические противоречия столь далеко идущей редуccionии. Аргумент против такого уровня редуccionизма можно найти в рациональном мышлении самом по себе, которое никак не уместится на прокрустовом ложе законов и случая.

Это возражение тотальному редуccionизму справедливо, но опровергает оно не платоновскую теорию форм, а её распространение на мыслящего субъекта. Субъект лишь частично определяется формами, пусть и в сочетании с квантовой случайностью, но субъект и частично свободен, будучи одним из особенных источников бытия. Шрёдингер писал, что он мог бы ещё представить возникновение жизни по одним лишь законам и случаю, но по отношению к мысли подобная идея абсурдна. Такая редуccionия в корне исключает доверие к разуму, оставляя место лишь абсолютному скепсису в духе демона Декарта, несовместимому с верой в силу и ценность познания.

Исключая надёжность разума, тотальный редуccionизм уничтожает и свою собственную основу, веру в силу фундаментальных законов, приводя, таким образом, к парадоксу критянина Эпименида: «Все критяне — лжецы». Во избежание этого следует принять взаимную несводимость триады форм, случайности и ума. Мы вынуждены исключать мысль или разум из физического мира, принимая, что последний не только подчинен законам и случаю, но ещё и оставляет уму способность воспринимать материальные объекты и воздействовать на них.

Другими словами, подчинение природы законам ограничено не только случайностью, но и действиями мыслящих существ. И если случайность отчасти беззаконна лишь в единичном событии, в среднем же подчиняется статистическим законам, то творческие действия невозможно зафиксировать никакой статистикой в принципе; в них закон ограничен абсолютно, так как каждый творческий акт уникален по своей сути.

Таким образом, на достаточно глубоком уровне природные объекты должны обнаруживать платонически-ментально-случайный триализм: будучи в определённой степени детерминированными законом и подверженными случаю, они ещё и позволяют уму как воспринимать, так и воздействовать на них.

Первым мыслителем, заметившим необходимость такого триализма в атомном движении, был, по-видимому, Эпикур. Исходя из подобных соображений, он постулировал существование клинаменов — небольших беспричинных изменений в движении атомов, заместителей свободы воли в её отсутствие. Корпускулярно-волновой дуализм квантовой механики и воплощает эти клинамены, и не дуальную, а триадическую платонически-ментально-случайную природу квантовых объектов.

Человеческий ум взаимодействует с материальным миром посредством мозга, тела, жизни вообще. С этой точки зрения, жизнь есть интерфейс, опосредующее звено между умом и физической материей, что можно принять как универсальное определение жизни, свободное от её конкретной специфики на нашей планете. Занимая это промежуточное место в бытии, живая природа определяется законами в меньшей степени, чем физическая, но она не так свободна, как ум.

Ещё одно существенное различие между живым и физическим связано с *эволюцией*. Составные физические объекты подвергаются деградации и распаду в силу второго начала термодинамики. Не свободна от этого и жизнь, ограниченная болезнями и смертью. И однако же — после своего загадочного появления на нашей планете жизнь не деградировала и даже не остановилась на исходных первичных формах, но систематически и не менее загадочно развивалась, постепенно порождая богатство своих форм. В этом отношении жизнь больше похожа на возрастающий ум, чем на деградирующую физическую материю.

Физика, будучи наукой о подчинении природы математическим законам, ограничена, таким образом, двумя тайнами: тайной происхождения её законов и тайной субъектности, взаимодействия ума и материи, что включает и тайну жизни.

С другой же стороны, вопрос о возможности и смысле пересечения цветущей сложности мира с платонической элегантностью его открываемых законов ведёт к творческим основаниям бытия, к проблематике Демиурга и Блага.