**Философия нестабильности**

Илья Пригожин

У термина "нестабильность" странная судьба. Введенный в широкое употребление совсем недавно, он используется порой с едва скрываемым негативным оттенком, и притом, как правило, для выражения содержания, которое следовало бы исключить из подлинно научного описания реальности. Чтобы проиллюстрировать это на материале физики, рассмотрим элементарный феномен, известный, по-видимому, уже не менее тысячи лет: обычный маятник, оба конца которого связаны жестким стержнем, причем один конец неподвижно закреплен, а другой может совершать колебания с произвольной амплитудой. Если вывести такой маятник из состояния покоя, несильно качнув его груз, то в конце концов маятник остановится в первоначальном (самом нижнем) положении. Это — хорошо изученное устойчивое явление. Если же расположить маятник так, чтобы груз оказался в точке, противоположной самому нижнему положению, то рано или поздно он упадет либо вправо, либо влево, причем достаточно будет очень малой вибрации, чтобы направить его падение в ту, а не в другую сторону. Так вот, верхнее (неустойчивое) положение маятника практически никогда не находилось в фокусе внимания исследователей, и это несмотря на то, что со времени первых работ по механике движение маятника изучалось с особой тщательностью. Можно сказать, что понятие нестабильности было, в некоем смысле, идеологически запрещено. А дело заключается в том, что феномен нестабильности естественным образом приводит к весьма нетривиальным, серьезным проблемам, первая из которых — проблема предсказания.

Если взять устойчивый маятник и раскачать его, то дальнейший ход событий можно предсказать однозначно: груз вернется к состоянию с минимумом колебаний, т.е. к состоянию покоя. Если же груз находится в верхней точке, то в принципе невозможно предсказать, упадет он вправо или влево. Направление падения здесь существенным образом зависит от флюктуации. Так что в одном случае ситуация в принципе предсказуема, а в другом — нет, и именно в этом пункте в полный рост встает проблема детерминизма. При малых колебаниях маятник — детерминистический объект, и мы в точности знаем, что должно произойти. Напротив, проблемы, связанные с маятником, если можно так выразиться, перевернутым с ног на голову, содержат представления о недетерминистическом объекте.

Это различие между детерминистическими законами природы и законами, не являющимися таковыми, ведет нас к более общим проблемам, которые мне и хотелось бы здесь вкратце обсудить.

**Человек и природа**

Прежде всего, спросим себя: почему именно сегодня в естествознании заговорили о нестабильности, тогда как прежде господствовала точка зрения детерминизма? Дело в том, что идея нестабильности не только в каком-то смысле теоретически потеснила детерминизм, она, кроме того, позволила включить в поле зрения естествознания человеческую деятельность, дав, таким образом, возможность более полно включить человека в природу. Соответственно, нестабильность, непредсказуемость и, в конечном счете, время как сущностная переменная стали играть теперь немаловажную роль в преодолении той разобщенности, которая всегда существовала между социальными исследованиями и науками о природе.

В чем, однако, смысл тех изменений, которые произошли (в интересующем нас плане) в отношениях человека к природе? В детерминистском мире природа поддается полному контролю со стороны человека, представляя собой инертный объект его желаний. Если же природе, в качестве сущностной характеристики, присуща нестабильность, то человек просто обязан более осторожно и деликатно относиться; к окружающему его миру, — хотя бы из-за неспособности однозначно предсказывать то, что произойдет в будущем.

Далее, принимая в науке идею нестабильности, мы достигаем тем самым и более широкого понимания существа самой науки. Мы начинаем понимать, что западная наука, в том виде, как она до недавних пор существовала, обусловлена культурным контекстом XVII в. — периода зарождения современного естествознания и что эта наука ограничена. В результате начинает складываться более общее понимание науки и знания вообще, понимание, отвечающее культурным традициям не только западной цивилизации.

К сожалению, однако, приходится признать, что современная культурная жизнь крайне разобщена даже внутри западной цивилизации. В книге, имевшей недавно большой успех в США, Алан Блум утверждает, что наука является материалистическим, редукционистским, детерминистическим феноменом, полностью исключающим время. Но если упрек Блума и справедлив относительно науки 20—30-летней давности, то к сегодняшней науке эти характеристики явно не применимы, — она не сводима ни к материализму, ни к детерминизму.

**Лейбниц: исключение нестабильности**

Для того чтобы понять идущие в современной науке процессы, необходимо принять во внимание, что наука — культурный феномен, складывающийся в определенном культурном контексте. Иллюстрацией этому может служить, например, дискуссия между Лейбницем и Кларком, представлявшим в их споре взгляды Ньютона. Лейбниц упрекает Ньютона в том, что его представление об универсуме предполагает периодическое вмешательство Бога в устройство мироздания ради улучшения функционирования последнего. Ньютон, по его мнению, недостаточно почитает Бога, поскольку искусность Верховного Творца у него оказывается ниже даже искусности часовщика, способного раз и навсегда сообщить своему механизму движение и заставить его работать без дополнительных переделок.

Лейбницевские представления об универсуме одержали победу над ньютонианскими. Лейбниц апеллировал к всеведению вездесущего Бога, которому вовсе нет никакой нужды специально обращать свое внимание на Землю. И он верил при этом, что наука когда-нибудь достигнет такого же всеведения — ученый приблизится к знанию, равному божественному. Для божественного же знания нет различия между прошлым и будущим, ибо все присутствует во всеведущем разуме. Время, с этой точки зрения, элиминируется неизбежно, и сам факт его исключения становится свидетельством того, что человек приблизился к квазибожественному знанию.

Высказанные Лейбницем утверждения принадлежат к базовому уровню идеологии классической науки, сделавшей именно устойчивый маятник объектом научного интереса, — неустойчивый маятник в контексте этой идеологии предстает как неестественное образование, упоминаемое только в качестве любопытного курьеза (а по возможности вообще исключаемое из научного рассмотрения). Но изложенная концепция вечности грешила тем, что в ней не оставалось места для уникальных событий (впрочем, и в ньютоновском подходе не было места для новаций). Материя, согласно этой концепции, представляет собой вечно движущуюся массу, лишенную каких бы то ни было событий и, естественно, истории. История же, таким образом, оказывается вне материи. Так исключение нестабильности, обращение к детерминизму и отрицание времени породили два противоположных способа видения универсума:

универсум как внешний мир, являющийся в конечном счете регулируемым автоматом (именно так и представлял его себе Лейбниц), находящимся в бесконечном движении;

универсум как внутренний мир человека, настолько отличающийся от внешнего, что это позволило Бергсону сказать о нем: "Я полагаю, что творческие импульсы сопровождают каждое мгновение нашей жизни.

Действительно, любые человеческие и социальные взаимодействия, а также вся литературная деятельность являются выражением неопределенности в отношении будущего. Но сегодня, когда физики пытаются конструктивно включить нестабильность в картину универсума, наблюдается сближение внутреннего и внешнего миров, что, возможно, является одним из важнейших культурных событий нашего времени.

**Новые открытия**

Разумеется, введение нестабильности является результатом отнюдь не только идеологических особенностей истории науки XX в. Оно стало реальностью лишь благодаря сочетанию ряда собственно научных экспериментальных и теоретических открытий. Это, во-первых, открытие неравновесных структур, которые возникают как результат необратимых процессов и в которых системные связи устанавливаются сами собой; это, во-вторых, вытекающая из открытия неравновесных структур идея конструктивной роли времени; и, наконец, это появление новых идей относительно динамических, нестабильных систем, — идей, полностью меняющих наше представление о детерминизме.

В 1986 г. сэр Джеймс Лайтхил, ставший позже президентом Международного союза чистой и прикладной математики, сделал удивительное заявление: он извинился от имени своих коллег за то, что "в течение трех веков образованная публика вводилась в заблуждение апологией детерминизма, основанного на системе Ньютона, тогда как можно считать доказанным, по крайней мере с 1960 года, что этот детерминизм является ошибочной позицией".

Не правда ли, крайне неожиданное заявление? Мы все совершаем ошибки и каемся в них, но есть нечто экстраординарное в том, что кто-то просит извинения от имени целого научного сообщества за распространение последним ошибочных идей в течение трех веков. Хотя, конечно, нельзя не признать, что данные, пусть ошибочные, идеи играли основополагающую роль во всех науках — чистых, социальных, экономических, и даже в философии (учитывая, что в рамках последней сложилась кантовская проблематика). Более того, эти идеи задали тон практически всему западному мышлению, разрывающемуся между двумя образами: детерминистический внешний мир и индетерминистический внутренний.

И наконец, продолжая начатый выше перечень открытий, следует упомянуть об открытиях в области элементарных частиц, продемонстрировавших фундаментальную нестабильность материи, а также о космологических открытиях, констатировавших, что мироздание имеет историю (тогда как традиционная точка зрения исключала какую бы то ни было историю универсума, ибо универсум рассматривался как целое, содержащее в себе все, что делало бессмысленным саму идею его истории).

Заметим, вместе с тем, что простейшие из вышеперечисленных открытий легко доступны нам, так как лежат в сфере макроскопических, химических и атмосферных явлений. Так, например, закон роста энтропии был сформулирован еще в XIX в. Другое дело, что на фоне установки, исключающей время из научного описания, он рассматривался лишь как закон роста беспорядка, а установка эта являет нам очевидный пример идеологичности научных суждений. Впрочем, сегодня мы можем согласиться: наука и есть в некотором смысле идеология — она ведь также укоренена в культуре. И нет поэтому ничего удивительного в том, что новые вопросы, вливающие в науку свежие силы, часто исходят из традиций вопрошания, коренящихся в совсем иных культурах. А тот факт, что сегодня самые разные культурные образования принимают участие в развитии научной культуры, является для нас источником новых надежд. Мы верим — будут сформулированы иные вопросы, ведущие к новым направлениям научной деятельности.

**Порядок и беспорядок**

Сегодня мы знаем, что увеличение энтропии отнюдь не сводится к увеличению беспорядка, ибо порядок и беспорядок возникают и существуют одновременно. Например, если в две соединенные емкости поместить два газа, допустим, водород и азот, а затем подогреть одну емкость и охладить другую, то в результате, из-за разницы температур, в одной емкости будет больше водорода, а в другой азота. В данном случае мы имеем дело с диссипативным процессом, который, с одной стороны, творит беспорядок и одновременно, с другой, потоком тепла создает порядок: водород в одной емкости, азот — в другой. Порядок и беспорядок, таким образом, оказываются тесно связанными — один включает в себя другой. И эту констатацию мы можем оценить как главное изменение, которое происходит в нашем восприятии универсума сегодня.

Долгое время наше видение мира оставалось неполным. Как неполным будет, скажем, вид, открывающийся из окна самолета при подлете к Венеции: пока в поле нашего зрения находятся величественные здания и площади, нас не оставляет образ совершенной, упорядоченной, грандиозной структуры. По прибытии в город мы обнаруживаем и не слишком чистую воду, и назойливую мошкару, но именно таким путем перед нами предстают обе стороны объекта. Что касается современного видения мира, то интересно отметить, что космология теперь все мироздание рассматривает как в значительной мере беспорядочную — а я бы сказал, как существенно беспорядочную — среду, в которой выкристаллизовывается порядок. Новейшие же исследования показали, что на каждый миллиард тепловых фотонов, пребывающих в беспорядке, приходится по крайней мере одна элементарная частица, способная стимулировать в данном множестве фотонов переход к упорядоченной структуре. Так, порядок и беспорядок сосуществуют как два аспекта одного целого и дают нам различное видение мира.

Наше восприятие природы становится дуалистическим, и стержневым моментом в таком восприятии становится представление о неравновесности. Причем неравновесности, ведущей не только к порядку и беспорядку, но открывающей также возможность для возникновения уникальных событий, ибо спектр возможных способов существования объектов в этом случае значительно расширяется (в сравнении с образом равновесного мира). В ситуации далекой от равновесия дифференциальные уравнения, моделирующие тот или иной природный процесс, становятся нелинейными, а нелинейное уравнение обычно имеет более, чем один тип решений. Поэтому в любой момент времени может возникнуть новый тип решения, не сводимый к предыдущему, а в точках смены типов решений — в точках бифуркации — может происходить смена пространственно-временной организации объекта.

Примером подобного возникновения новой пространственно-временной структуры могут служить так называемые химические часы — химический процесс, в ходе которого раствор периодически меняет свою окраску с голубой на красную. Кажется, будто молекулы, находящиеся в разных областях раствора, могут каким-то образом общаться друг с другом. Во всяком случае, очевидно, что вдали от равновесия когерентность поведения молекул в огромной степени возрастает. В равновесии молекула "видит" только своих непосредственных соседей и "общается" только с ними. Вдали же от равновесия каждая часть системы "видит" всю систему целиком. Можно сказать, что в равновесии материи слепа, а вне равновесия прозревает. Следовательно, лишь в неравновесной системе могут иметь место уникальные события и флюктуации, способствующие этим событиям, а также происходит расширение масштабов системы, повышение ее чувствительности к внешнему миру и, наконец, возникает историческая перспектива, т.е. возможность появления других, быть может более совершенных, форм организации. И, помимо всего этого, возникает новая категория феноменов, именуемых аттракторами.

Вернемся к нашему примеру с маятником. Если сдвинуть груз маятника недалеко от его самого нижнего положения, то в конце концов он вернется в исходную точку — это точечный аттрактор. Химические часы являются периодическим аттрактором. В дальнейшем были открыты гораздо более сложные аттракторы (странные аттракторы), соответствующие множеству точек. В странном аттракторе система движется от одной точки к другой детерминированным образом, но траектория движения в конце концов настолько запутывается, что предсказать движение системы в целом невозможно — это смесь стабильности и нестабильности. И, что особенно удивительно, окружающая нас среда, климат, экология и, между прочим, наша нервная система могут быть поняты только в свете описанных представлений, учитывающих как стабильность, так и нестабильность. Это обстоятельство вызывает повышенный интерес многих физиков, химиков, метеорологов, специалистов в области экологии. Указанные объекты детерминированы странными аттракторами и, следовательно, своеобразной смесью стабильности и нестабильности, что крайне затрудняет предсказание их будущего поведения.

**Новое отношение к миру**

Не нами выбран мир, который нам приходится изучать; мы родились в этом мире и нам следует воспринимать его таким, каким он существует, приспосабливая к нему, насколько возможно, наши априорные представления. Да, мир нестабилен. Но это не означает, что он не поддается научному изучению. Признание нестабильности — не капитуляция, напротив — приглашение к новым экспериментальным и теоретическим исследованиям, принимающим в расчет специфический характер этого мира. Следует лишь распроститься с представлением, будто этот мир — наш безропотный слуга. Мы должны с уважением относиться к нему. Мы должны признать, что не можем полностью контролировать окружающий нас мир нестабильных феноменов, как не можем полностью контролировать социальные процессы (хотя экстраполяция классической физики на общество долгое время заставляла нас поверить в это).

Открытие неравновесных структур, как известно, сопровождалось революцией в изучении траекторий. Оказалось, что траектории многих систем нестабильны, а это значит, что мы можем делать достоверные предсказания лишь на коротких временных интервалах. Краткость же этих интервалов (называемых также темпоральным горизонтом или экспонентой Ляпунова) означает, что по прошествии определенного периода времени траектория неизбежно ускользает от нас, т.е. мы лишаемся информации о ней. Это, кстати, служит еще одним напоминанием, что наше знание — всего лишь небольшое оконце в универсум и что из-за нестабильности мира нам следует отказаться даже от мечты об исчерпывающем знании. Заглядывая в оконце, мы можем, конечно, экстраполировать имеющиеся знания за границы нашего видения и строить догадки по поводу того, каким мог бы быть механизм, управляющий динамикой универсума. Однако нам не следует забывать, что, хотя мы в принципе и можем знать начальные условия в бесконечном числе точек, будущее, тем не менее, остается принципиально непредсказуемым.

И еще, заметим, новое отношение к миру предполагает сближение деятельности ученого и литератора. Литературное произведение, как правило, начинается с описания исходной ситуации с помощью конечного числа слов, причем в этой своей части повествование еще открыто для многочисленных различных линий развития сюжета. Эта особенность литературного произведения как раз и придает чтению занимательность — всегда интересно, какой из возможных вариантов развития исходной ситуации будет реализован. Так же и в музыке — в фугах Баха, например, заданная тема всегда допускает великое множество продолжений, из которых гениальный композитор выбирал на его .взгляд необходимое. Такой универсум художественного творчества весьма отличен от классического образа мира, но он легко соотносим с современной физикой и космологией. Вырисовываются контуры новой рациональности, к которой ведет идея нестабильности. Эта идея кладет конец претензиям на абсолютный контроль над какой-либо сферой реальности, кладет конец любым возможным мечтаниям об абсолютно контролируемом обществе. Реальность вообще не контролируема в смысле, который был провозглашен прежней наукой.

**Повествование в науке**

Современная наука в целом становится все более нарративной. Прежде существовала четкая дихотомия: социальные, по-преимуществу нарративные науки — с одной стороны, и собственно наука, ориентированная на поиск законов природы, — с другой. Сегодня эта дихотомия разрушается.

В прежней идеологии науки уникальные события — будь то зарождение жизни или зарождение мироздания — представлялись почти антинаучно. Это можно проиллюстрировать известным рассказом Айзека Азимова. Высокоразвитая цивилизация спрашивает компьютер о том, как опровергнуть второе начало термодинамики. Компьютер ссылается на недостаток исходных данных и начинает расчеты, которые длятся миллионы и миллионы лет, пока не исчезает все, кроме гигантского считающего компьютера, извлекающего данные непосредственно из пространства-времени. Наконец, компьютер уясняет, как опровергнуть второе начало. В тот же момент рождается новый мир. Сегодня, однако, мы лучше понимаем, каким образом элемент повествования (или элемент события) входит в наше видение природы.

Согласно известной формуле Фрейда, история науки есть история прогрессирующего отчуждения — открытия Галилея продемонстрировали, что человек не является центром планетарной системы, Дарвин показал, что человек — всего лишь одна из многочисленных биологических особей, населяющих землю, а сам Фрейд обнаружил, что даже наше собственное сознание является лишь частью объемлющего его бессознательного. Аналогичную идею о том, что история науки представляет собой не что иное, как отчуждение, мы обнаруживаем также в одной из работ Жака Моно. Однако обсуждаемые в данной статье представления о реальности предполагают обратное: в мире, основанном на нестабильности и созидательности, человечество опять оказывается в самом центре законов мироздания.

Такое понимание мироздания становится важным фактором, способствующим окончанию эпохи культурной раздробленности цивилизации. Например, в Китае была развита впечатляющая наука, никогда, однако, не касавшаяся вопроса о том, как падает камень, — идея законов природы в том юридически-правовом смысле, в каком мы их понимаем, была чужда китайской цивилизации. Для китайца Вселенная представляла собой когерентное образование, где все события взаимосвязаны. Я надеюсь, что наука будущего, сохраняя аналитическую точность ее западного варианта, будет заботиться и о глобальном, целостном взгляде на мир. Тем самым перед ней откроются перспективы выхода за пределы, поставленные классической культурой Запада.

**Риск и ответственность**

В детерминистическом мире риск отсутствует, ибо риск есть лишь там, где универсум открывается как нечто многовариантное, подобное сфере человеческого бытия. Я не имею возможности детально обсуждать здесь эту проблему, но представляется очевидным, что именно такое, многовариантное видение мира, положенное в основание науки, с необходимостью раскрывает перед человечеством возможность выбора — выбора, означающего, между прочим, и определенную этическую ответственность. Когда-то Валери совершенно правильно, на мой взгляд, отметил, что "время — это конструкция". Действительно, время не является чем-то готовым, предстающим в завершенных формах перед гипотетическим сверхчеловеческим разумом. Нет! Время — это нечто такое, что конструируется в каждый данный момент. И человечество может принять участие в процессе этого конструирования.