**Соотношение квантовой теории и других областей современного естествознания**

В. Гейзенберг

Уже неоднократно указывалось на то, что иногда естественнонаучные понятия могут быть определены в отношении их связей совершенно исчерпывающе. Эта возможность четко выявилась впервые в ньютоновских "Началах", и именно по этой причине труд Ньютона оказал огромное влияние на все развитие естествознания в последующие столетия. Ньютон начинает свое изложение с нескольких определений и аксиом, связанных друг с другом таким образом, что возникает нечто, что можно назвать "замкнутой системой". Каждому понятию может быть придан математический символ, и затем связи между различными понятиями изображаются в виде математических уравнений, которые могут быть записаны с помощью этих символов. Математическое отображение системы обеспечивает невозможность возникновения противоречий внутри системы. Таким образом, возможные движения тел под действием сил представляются в конце концов в виде возможных решений математического уравнения или системы уравнений. Система определений и аксиом, могущая быть записанной в виде некоторого числа уравнений, рассматривается в таком случае как описание неизменной структуры природы, которая не может зависеть ни от конкретного места протекания процесса, ни от конкретного времени и, следовательно, имеет силу, так сказать, вообще независимо от пространства и времени.

Связь различных понятий системы между собой настолько тесна, что невозможно изменить ни одно из этих понятий, не разрушив одновременно всю систему.

На этом основании система Ньютона долгое время рассматривалась как окончательная. Наука считала, что в дальнейшем ее задачей является только применение ньютоновской механики ко все более широким областям опыта. И фактически физика почти в течение двух столетий развивалась только в этом направлении.

От теории движения материальной точки можно перейти к механике твердого тела, к вращательному движению, можно перейти также к рассмотрению непрерывного движения жидкостей или колебательных движений упругих тел. Все эти разделы механики были разработаны постепенно, по мере развития математики, особенно дифференциального исчисления, и результаты проверены в экспериментах. Акустика и гидродинамика стали разделами механики.

Другой наукой, к которой с успехом можно было применить ньютоновскую механику, была астрономия. Усовершенствование математических методов вело ко все более точному определению движений планет и их взаимных возмущений.

После открытия новых явлений в области электричества и магнетизма электрические и магнитные силы были уподоблены силам тяготения, и их влияние на движение тела снова можно было учесть с помощью аксиом ньютоновской механики. Наконец, в XIX столетии даже теория теплоты была сведена к механике -- благодаря предположению о том, что теплота в действительности представляет собой сложное статистическое движение мельчайших частиц вещества. Соединяя с понятиями ньютоновской механики понятия математической теории вероятностей, Клаузиусу, Гиббсу и Больцману удалось показать, что основные законы учения о теплоте могут быть истолкованы как статистические законы, получающиеся из ньютоновской механики при ее применении к очень сложным механическим системам.

Итак, до этого момента задачи, поставленные ньютоновской механикой, последовательно выполнялись, и это сделало возможным понимание очень широкой области опыта. Первая трудность возникла при рассмотрении в работах Фарадея и Максвелла электромагнитного поля. В механике Ньютона сила тяготения считалась чем-то заданным, а не предметом дальнейших теоретических исследований. Однако в работах Фарадея и Максвелла силовое поле само стало объектом исследования. Физики решили узнать, как это поле, "силовое поле", изменяется как функция пространственных координат и времени. Поэтому они предприняли попытку найти уравнение движения для поля, а не элементарные законы движения для тел, на которые поле действует. Это возвращало к представлениям, распространенным в эпоху, предшествующую созданию ньютоновской механики. Действие, как казалось, может передаваться от одного тела к другому только тогда, когда оба тела касаются друг друга, например при ударе или посредством трения. Ньютон, напротив, предположив существование силы, действующей на больших расстояниях, а именно силы тяготения, ввел в физику новый и очень примечательный способ передачи действия сил. Теперь в теории силовых полей можно было в определенном смысле возвратиться к более старым представлениям о том, что действие всегда передается только от точки к соседней точке, и в математическом плане это требовало бы описания поведения полей дифференциальными уравнениями. Это оказалось действительно возможным, и поэтому описание электромагнитного поля, данное Максвеллом с помощью известных уравнений, считалось удовлетворительным решением проблемы сил или силовых полей. Однако в этом пункте программа, предписанная в свое время ньютоновской механикой, была фактически видоизменена. Аксиомы и определения Ньютона относились к телам и их движению. В теории же Максвелла силовые поля приобрели ту же самую степень реальности, что и тела в ньютоновской теории.

Новое понимание было принято, естественно, не сразу и не без возражений. Чтобы как-то избежать подобных изменений в наших представлениях о реальности, электромагнитные поля пытались сопоставить с полями упругих деформаций и натяжений и, следовательно, световые волны теории Максвелла -- со звуковыми волнами в упругих телах. Поэтому многие физики полагали, что на самом деле уравнения Максвелла относятся к деформациям упругой среды, которую они называли эфиром. Это название было дано, только чтобы подчеркнуть, что среда является настолько легкой и разряженной, что она проникает внутрь других веществ и не может быть ни видима, ни ощутима. Такое объяснение было, конечно, не очень удовлетворительным, поскольку при данном способе рассуждений нельзя было усмотреть, почему в свете нет продольных колебаний.

Наконец, теория относительности, о которой речь будет идти в следующей главе, показала совершенно убедительно, что от понятия эфира как субстанции, к которой относятся уравнения Максвелла, следует отказаться. Аргументы, доказывающие этот вывод, здесь не могут быть изложены подробно. Результатом явилась, во всяком случае, необходимость рассматривать поля как независимую реальность.

Дальнейшим и еще более тревожным выводом специальной теории относительности явилось открытие новых свойств пространства и времени, или, более правильно, связей пространства и времени между собой, связей, которые до того не были известны и, следовательно, не имели места в механике Ньютона.

Под впечатлением этой совершенно новой ситуации многие физики пришли к преждевременному заключению, будто бы ньютоновская механика в настоящее время окончательно опровергнута. Первичной реальностью является якобы поле, а не тела, и структура пространства и времени правильно описывается формулами Лоренца и Эйнштейна, а не аксиомами Ньютона. Ньютоновская механика справедлива разве только как хорошее во многих случаях приближение, которое, однако, теперь должно быть улучшено, чтобы уступить место более строгому и более точному описанию природы.

Но такое утверждение с общей точки зрения, наконец-то достигнутой в квантовой теории, надо рассматривать как совершенно неудовлетворительное изображение действительного положения вещей. Ибо, во-первых, это утверждение упускает из виду то обстоятельство, что большинство экспериментов по измерению полей основывается на применении ньютоновской механики, и, во-вторых, механика Ньютона, собственно говоря, не может быть улучшена, она может быть только заменена чем-то от нее существенно отличным.

Развитие квантовой теории показало, что более правильно положение можно описать следующими словами. Всюду, где понятия механики Ньютона могут быть применены для описания процессов природы, законы, сформулированные Ньютоном, также являются справедливыми и не могут быть улучшены. Электромагнитные же явления не могут быть должным образом описаны с помощью понятий ньютоновской механики. Поэтому эксперименты над электромагнитными полями и световыми волнами совместно с их теоретическим анализом, проведенным Максвеллом, Лоренцом и Эйнштейном, привели к новой замкнутой системе определений, аксиом и понятий, которую можно представить с помощью математических символов, к системе, такой же непротиворечивой и замкнутой, что и система ньютоновской механики (хотя и существенно отличающейся от системы Ньютона).

Отсюда следовало, что даже те ожидания, которые со времени Ньютона сопровождали труд ученого, ныне должны быть изменены. Прогресс науки, очевидно, не мог быть все время связан с тем, что для объяснения новых явлений применялись только известные законы природы. В некоторых случаях наблюдаемые новые явления могут быть поняты только с помощью новых понятий, которые таким же образом соответствуют новым наблюдаемым фактам, как в свое время ньютоновские понятия соответствовали механическим процессам. Новые понятия снова могут быть связаны в замкнутую систему и выражены с помощью математических символов. Но если прогресс физики или, шире, естествознания идет в этом направлении, то возникает вопрос: каково соотношение между различными системами понятий? Если, например, одни и те же понятия и слова имеются в двух различных системах и определяются в них в отношении своих взаимных связей по-разному, то в каком смысле можно говорить, что эти понятия отображают реальность?

Эта проблема возникла уже в то время, когда создавалась теория относительности. Понятия пространства и времени необходимы как механике Ньютона, так и теории относительности. Но в механике Ньютона пространство и время независимы друг от друга. В теории относительности они связаны друг с другом преобразованиями Лоренца. В этом частном случае можно, правда, показать, что утверждения теории относительности в предельном случае, когда все скорости тел системы очень малы по сравнению со скоростью света, переходят в утверждения ньютоновской механики. Отсюда можно заключить, что понятия ньютоновской механики не могут применяться к процессам, при которых имеют место механические скорости, сравнимые со скоростью света. Таким образом, было в конце концов найдено существенное ограничение применимости понятий ньютоновской механики, которое нельзя усмотреть в самой этой замкнутой системе понятий или посредством наблюдений только над механическими системами.

Поэтому соотношение двух различных замкнутых систем понятий всегда требует очень тщательного исследования. Прежде чем приступить к общему обсуждению структуры таких замкнутых и взаимосвязанных систем понятий и их возможных соотношений, необходимо хотя бы кратко перечислить те системы понятий, которые определены и разработаны в физике к настоящему времени. В наши дни можно различать четыре большие системы, уже нашедшие свою окончательную форму.

Первая система -- механика Ньютона -- уже обсуждалась. Она пригодна для описания всех механических процессов, движения жидкостей и упругих колебаний тел. Она включает акустику, статику, аэродинамику и гидродинамику. Астрономия, в той степени, в какой она имеет дело с движениями небесных светил, также принадлежит к этой системе.

Вторая замкнутая в себе система сформировалась в XIX столетии в связи с теорией теплоты. Хотя в конечном счете теорию теплоты удалось благодаря созданию так называемой статистической механики связать с механикой, эту систему было бы лучше все же не рассматривать как часть механики. Ибо по крайней мере в феноменологической теории теплоты используется ряд понятий, не имеющих аналога в других разделах физики, а именно понятия теплоты, удельной теплоты, энтропии, свободной энергии и т. д. Если от этого феноменологического описания переходят к статистическому, рассматривая теплоту как энергию, статистически распределенную по многим степеням свободы системы, обусловленным атомарным строением вещества, теория теплоты оказывается тогда связанной с механикой не более, чем с электродинамикой или какими-нибудь другими разделами физики. Центральным понятием такого статистического толкования учения о теплоте является понятие вероятности, тесно связанное с понятием энтропии в феноменологической теории. Наряду с ним решающую роль в статистической теории теплоты играет также понятие энергии. Но всякая замкнутая в себе и непротиворечивая система определений и аксиом в физике обязательно должна содержать также понятия энергии, количества движения, вращательного момента, а также требования, что эти величины при определенных внешних условиях должны сохраняться. Последнее имеет место, как показывает более точное исследование, только тогда, когда замкнутая система должна описывать черты природы, относящиеся ко всем моментам времени и положениям, другими словами -- черты, не зависящие от координат и времени, или, как выражаются математики, инвариантные относительно определенных сдвигов в пространстве и во времени, относительно вращений в пространстве или преобразований Галилея или Лоренца. Тем самым теория теплоты может быть связана с какой угодно из других замкнутых систем понятий в физике.

Третья замкнутая система понятий и аксиом выведена из электрических и магнитных явлений, получив свою окончательную форму в первом десятилетии XX века в работах Лоренца, Эйнштейна и Минковского. Она охватывает электродинамику, специальную теорию относительности, оптику, магнетизм, и в нее можно включить даже дебройлевскую теорию волн материи, и при этом -- для всех элементарных частиц различных видов. Правда, волновая механика Шредингера к этой системе не принадлежит.

Наконец, четвертая замкнутая система -- квантовая теория, в том ее виде, как она описана в первых двух главах этой книги. Ее центральным понятием является функция вероятности, или, если использовать более строгий математический язык, "статистическая матрица". Эта система охватывает квантовую и волновую механику, теорию атомных спектров, химию и теорию других свойств материи, как, например, проводимости, ферромагнетизма и т. д.

Соотношения между этими четырьмя замкнутыми системами понятий можно, пожалуй, обрисовать следующим образом. Первая система содержится в третьей как предельный случай, когда скорость света можно считать бесконечной; она содержится также в четвертой как предельный случай, когда планковский квант действия можно считать бесконечно малым. Первая и отчасти третья системы необходимы для четвертой как априорное основание для описания экспериментов. Вторая система может быть без труда связана с каждой из трех других и особенно важна в соединении с четвертой. Независимость существования третьей и четвертой систем наводит на мысль о существовании пятой замкнутой системы понятий, в которой первая, третья и четвертая содержатся как предельные случаи. Эта пятая система когда-нибудь будет найдена в связи с теорией элементарных частиц.

При этом перечислении замкнутых систем понятий мы оставили в стороне общую теорию относительности, так как эта система понятий еще не нашла, пожалуй, своей окончательной формы, но следует отметить, что она определенно отличается от четырех других систем.

После этого краткого обзора вернемся к более общему вопросу о том, что именно следует рассматривать в качестве основания таких замкнутых систем аксиом и определений. Важнейшая черта состоит, пожалуй, в том, что можно найти непротиворечивое математическое представление системы. Такое представление гарантирует, что сама система не содержит никаких внутренних противоречий. Далее, система должна быть пригодной для описания широкой области опыта. Многообразию явлений в рассматриваемой области должно соответствовать многообразие решений, допускаемых уравнениями математической схемы. Границы этой области опыта не могут быть, вообще говоря, выведены из понятий. Понятия не определены строго в отношении их соотнесения с природой -- в противоположность их строгому определению в отношении их возможных взаимных связей. Границы применимости понятий должны, следовательно, находиться эмпирически, то есть просто из того факта, что эти понятия начиная с определенных моментов более не достаточны для полного описания наблюдаемых явлений.

После этого краткого анализа структуры современной физики следует обсудить соотношение между физикой и другими ветвями естествознания. Ближайшая соседка физики -- химия. Фактически обе эти науки слились благодаря квантовой теории в нечто совершенно единое. Но сто лет назад они еще далеко отстояли друг от друга, их методы исследования были совершенно различны, и понятия химии в то время еще не имели никаких аналогичных им понятий в физике. Такие понятия, как валентность, активность, растворимость или летучесть, имели скорее качественный характер, и химия в то время вряд ли являлась точной наукой. Как только в середине прошлого столетия была развита теория теплоты, ее начали применять к химическим процессам, и с этого времени научные работы в этой области определялись надеждой, что в один прекрасный день закономерности химии можно будет свести к механике атома. Но необходимо подчеркнуть, что в рамках ньютоновской механики это оказалось невозможным. Чтобы дать количественное описание химических закономерностей, необходимо сформулировать значительно более глубокую систему понятий атомной физики. Это удалось в конце концов сделать в квантовой теории, корни которой, таким образом, лежат в химии в такой же степени, как и в атомной физике. Далее было легко осознать, что химические закономерности не могут быть сведены просто к ньютоновской механике атомных частиц, так как химические элементы обнаруживают в своем поведении степень устойчивости, совершенно не свойственную механическим системам. Но только в боровской теории атома 1913 года эта точка зрения была высказана совершенно отчетливо. В качестве конечного результата можно, например, установить, что химические понятия в определенном смысле являются дополнительными по отношению к механическим понятиям. Если мы знаем, что атом находится в "низшем энергетическом состоянии", определяющем его химическое поведение, то мы не можем говорить в то же самое время о движении электронов в этом атоме.

Современное соотношение между биологией, с одной стороны, и физикой и химией -- с другой, имеет, возможно, определенное сходство с соотношением между химией и физикой, имевшимся сто лет назад. Методы биологии весьма отличаются от методов физики и химии, а типично биологические понятия имеют скорее качественный характер, чем характер понятий точных естественных наук. Такие понятия, как жизнь, орган, клетка, функции органа, ощущение, не имеют подобных себе в физике или химии. С другой стороны, существенный прогресс, достигнутый в последние сто лет в биологии, получен благодаря применению к живым организмам законов физики и химии, и все устремления современной биологии направлены на то, чтобы объяснить биологические явления на основе известных физических и химических закономерностей. Здесь встает вопрос, обоснованна ли эта надежда.

Подобно тому как ранее в химии, ныне на основании самых простых биологических опытов осознают, что живые организмы обнаруживают такую степень устойчивости, какую вообще сложные структуры, состоящие из многих различных молекул, без сомнения, не могут иметь только на основе физических и химических законов. Поэтому к физическим и химическим закономерностям должно быть что-то добавлено, прежде чем можно будет полностью понять биологические явления.

В отношении этого вопроса в биологической литературе часто обсуждаются две четко отличающиеся друг от друга точки зрения. Одна из них ссылается на эволюционное учение Дарвина в его отношении к современной генетике. Согласно этой теории, единственным понятием, которое необходимо добавить к физике и химии, чтобы понять жизнь, является понятие истории. Огромный период времени, примерно в четыре миллиарда лет, прошедший со времени образования Земли, дал природе возможность перебрать почти неограниченное многообразие молекулярно-групповых структур. Среди этих структур в конце концов появились такие, которые могли самоусложняться на основе более мелких групп окружающего вещества, и подобные структуры могли поэтому создаваться в большом количестве. Случайные изменения структур обусловливали еще большее многообразие имевшихся структур. Различные структуры вступали в борьбу за вещества, которые можно было использовать в окружающей материи. Таким образом, благодаря дарвиновскому отбору, благодаря "выживанию наиболее приспособленных" осуществилось в конце концов развитие живых организмов. Вряд ли можно сомневаться в том, что теория содержит очень большую долю истины, и многие биологи утверждают, что для объяснения всех биологических явлений вполне достаточно добавить к замкнутой системе понятий физики и химии понятия истории и развития. Один из аргументов, который часто приводят в пользу этой теории, подчеркивает, что повсюду, где можно проверить законы физики и химии, они всегда оказываются справедливыми также и в отношении живых организмов. Нельзя указать, кажется, ни одной точки, в которой можно было бы обнаружить действие особой жизненной силы, отличной от известных сил физики.

С другой стороны, именно этот аргумент очень много потерял в смысле своей убедительности в результате развития квантовой теории. Так как понятия физики и химии образуют замкнутую и непротиворечивую систему, а именно систему квантовой теории, уже из этого с необходимостью следует, что всюду, где эти понятия вообще могут быть применены для описания явлений, должны быть справедливы и связанные с этими понятиями законы. Всегда, когда живые организмы рассматриваются как физические и химические системы, они должны и вести себя как таковые. Единственный вопрос, касающийся степени правильности этой точки зрения, состоит в том, дают ли физические и химические понятия возможность полного описания организмов. Биологи, отвечающие на этот вопрос "нет", склоняются, вообще говоря, ко второй точке зрения, которая сейчас и будет нами рассмотрена.

Эта вторая точка зрения, пожалуй, может быть описана следующим образом. Трудно представить себе, что такие понятия, как ощущение, функционирование органа, склонность и т. д., должны принадлежать замкнутой системе понятий квантовой теории, если даже связать ее с понятием истории. С другой стороны, именно названные понятия, несомненно, необходимы для полного описания жизни, даже если исключить при таком рассмотрении прежде всего людей, так как существование человека ставит проблемы, выходящие за рамки биологии. Поэтому для понимания процессов жизни, вероятно, будет необходимо выйти за рамки квантовой теории и построить новую замкнутую систему понятий, предельными случаями которой позднее могут оказаться и физика и химия. История может оказаться существенной частью этой системы, и такие понятия, как ощущение, приспособление, склонность, также будут отнесены к ней. Если эта точка зрения правильна, то соединения теории Дарвина с физикой и химией будет недостаточно для объяснения органической жизни. Но всегда будет оставаться справедливым то, что живые организмы в широком плане могут рассматриваться как физико-химические системы -- как машины, по формулировке Декарта и Лапласа, и то, что, если их рассматривать как машины, они будут и вести себя как машины. Одновременно можно было бы принять, как предложил Бор, что наше знание о том, что клетка живет, возможно, является чем-то дополнительным по отношению к полному знанию ее молекулярной структуры. Так как полное знание этой структуры, по-видимому, может быть достигнуто только благодаря вмешательству, которое уничтожает жизнь клетки, то логически возможно, что жизнь исключает полное установление лежащих в ее основе физико-химических структур. Но даже если эту вторую точку зрения считать правильной, биологическим исследованиям едва ли можно рекомендовать иной путь, чем тот, которому мы обязаны большинством успехов за прошедшие столетия. Необходимо пытаться, насколько можно, объяснить все на основе известных физических и химических законов, и поведение организмов необходимо описывать тщательно и без теоретических предубеждений.

Первая из названных точек зрения распространена среди современных биологов более широко, чем вторая. Но экспериментальный материал, имеющийся в распоряжении в настоящее время, вряд ли может быть достаточен, чтобы определенно выбрать одну из них. Предпочтение, которое многие биологи оказывают первой точке зрения, может быть снова косвенным следствием картезианского разделения, оказавшего за прошедшие столетия столь глубокое влияние на человеческое мышление. Так как под "существом мыслящим" понимался только человек, я, то животные не могли иметь души, они относились исключительно к "существам протяженным". Отсюда следует, что для изучения животных можно применять те же методы исследования, что и для материи вообще, и что законов физики и химии вместе с понятием истории должно быть достаточно, чтобы объяснить их поведение. Если теперь в рассмотрение включаются "существа мыслящие", согласно Декарту, возникает совершенно новое положение, требующее также совершенно новых понятий. Но картезианское разделение является опасным упрощением, и поэтому вполне возможно, что правильна вторая точка зрения.

Независимо от этого вопроса, который пока не может быть решен, мы, по-видимому, еще очень далеки от замкнутой и непротиворечивой системы понятий для описания биологических явлений. Степень сложности в биологии столь обескураживающа, что сейчас еще нельзя представить, как может быть создана какая-нибудь замкнутая система, понятия которой определены столь четко, что становится возможным математическое представление.

Если выходят за рамки биологии и включают в обсуждение психологию, то едва ли можно сомневаться в том, что понятий физики и химии вместе с понятиями учения о развитии еще недостаточно для объяснения и описания фактов психологии. В этом пункте возникновение квантовой теории решительно изменило наши воззрения по сравнению с воззрениями XIX столетия. В то время некоторые ученые были склонны полагать, что факты психологии могут быть в конечном счете объяснены физикой и химией человеческого мозга. С точки зрения квантовой механики для таких предположений нет больше никаких оснований. Хотя в мозге физические процессы имеют отношение к психическим, все же нельзя предположить, что эти физические процессы достаточны для объяснения психических явлений. Мы, естественно, не стали бы сомневаться в том, что мозг ведет себя как физико-химический механизм, если его рассматривают в качестве такового. Но для понимания психических явлений следовало бы исходить из того факта, что в данном случае человеческий дух выступает в психологии и как объект, и как субъект научного исследования.

Если теперь рассмотреть еще раз различные замкнутые системы понятий, которые были созданы в прошлом или, возможно, будут созданы в будущем с целью научных исследований, то примечательно, что эти системы располагаются, по-видимому, в направлении возрастания вклада субъективных элементов в систему понятий. Классическая физика может рассматриваться как идеализация, при которой мы говорим о мире как о чем-то полностью от нас самих не зависящем. Первые три системы понятий соответствуют этой идеализации. Только первая из этих систем вполне соответствует понятию "априори" кантовской философии. В четвертой системе понятий, в квантовой теории, человек выступает как субъект науки -- благодаря тем вопросам, которые ставятся перед природой и которые должны быть сформулированы в априорных понятиях человеческого естествознания. Квантовая теория уже не допускает вполне объективного описания природы. В биологии для полноты картины важно иметь в виду, что вопросы формулируются биологическим видом "человек", который сам принадлежит к числу живых организмов, -- другими словами, то, что мы уже знаем, что представляет собой жизнь, даже до того, как дали ей научное определение. Но, видимо, не следует подробно развивать чисто спекулятивные соображения о возможной структуре системы понятий, которая еще вовсе не построена.

Если этот порядок или упорядочение сравнить с более старыми системами классификации, принадлежащими к более ранним эпохам естествознания, то примечательно, что в таком случае мир разделяется не на различные группы объектов, а на различные группы связей. В один из более ранних периодов естествознания различали, например, минералы, растения, животных, людей. Эти объекты рассматривались, каждый в своей группе, как имеющие различную природу, образованные из различных веществ и определяемые в своем поведении действием различных сил. Теперь мы знаем, что в конечном счете всегда имеется одно и то же вещество, одни и те же химические соединения различного рода, которые могут входить в состав любого произвольного объекта -- минералов, так же как и животных или растений. И силы, действующие между различными частями вещества, существенно одинаковы в различных объектах. Что можно действительно различать, так это род связей, наиболее существенных для определенных явлений. Если мы, например, говорим о действии химических сил, то имеем в виду род связи более сложный или, во всяком случае, отличный от того, который дан в ньютоновской механике. Мир представляется при такой точке зрения в виде сложного сплетения процессов, где весьма разнообразные связи меняются, пересекаются и действуют вместе и таким путем определяют структуру всего сплетения.

Если мы описываем группу связей с помощью замкнутой и связной системы понятий, аксиом, определений и законов, что со своей стороны может быть снова представлено в виде материальной схемы, то мы фактически изолируем и идеализируем эту группу связей -- с целью их научного изучения. Но даже если достигнута полная ясность, то всегда остается еще не известным, насколько точно соответствует эта система понятий реальности.

Эта идеализация может считаться также частью человеческого языка, возникшего в процессе нашей двусторонней "игры" с миром -- как ответ человека на требования природы. При такой точке зрения идеализацию можно сравнить, например, с различными стилями в искусстве, скажем, со стилями архитектуры или музыки. Стиль можно определить как систему формальных правил, применяемых к материалу теми или иными видами искусства. Эти правила хотя и не могут быть удовлетворительно представлены с помощью системы математических понятий и уравнений, но их основные элементы все же очень родственны основным элементам математики или математического описания природы. Равенство, неравенство, повторение и симметрия, определенные групповые структуры играют в искусстве, так же как и в математике, фундаментальную роль. Обычно для развития формальной системы, являющейся стилем в искусстве, необходим труд нескольких поколений -- чтобы пройти путь от его простых, исходных приемов до богатства более сложных форм, характеризующего завершение стиля. Интерес художника концентрируется на этом процессе кристаллизации, при котором материал искусства благодаря его деятельности принимает различные формы, вызванные к жизни исходными формальными понятиями этого стиля в искусстве. После завершения развития интерес с необходимостью снова убывает, ибо слово "интерес" означает "быть при чем-то, в чем-то", принимать участие в творческом процессе. Тогда этот процесс приходит к своему концу. Здесь также нельзя решить на основании самих формальных правил, насколько правила стиля представляют ту реальность жизни, которая имеется в виду в произведениях искусства. Искусство всегда есть известная идеализация; идеал всегда отличен от реальности -- по крайней мере от реальности теней, как говорил Платон, -- но идеализация -- необходимая предпосылка понимания.

Это сравнение различных систем понятий естествознания с различными стилями в искусстве, если рассматривать последние как довольно произвольные создания человеческого духа, может показаться весьма ошибочным. Можно было бы, например, в таком случае приводить в доказательство то, что различные системы понятий в естествознании отображают объективную реальность, которую нам преподносит природа, и что поэтому они не содержат никакого произвола, а, напротив, представляют собой необходимые следствия нашего все более растущего познания природы посредством эксперимента. В этом большинство естествоиспытателей, пожалуй, было бы согласно. Но являются ли различные виды стилей в искусстве произвольным созданием человеческого духа? Здесь также надо иметь в виду картезианское разделение на существа мыслящие и существа протяженные. Стиль возникает из взаимного общения между миром и нами самими, или, точнее, между духом времени и художником. Дух времени, вероятно, является столь же объективным фактом, как и какой-нибудь факт естествознания, и этот дух раскрывает определенные черты мира, которые сами независимы от времени и в этом смысле могут быть названы вечными. Художник пытается в своем произведении сделать эти черты понятными, и при этой попытке он приходит к формам стиля, в котором он и работает.

Поэтому оба процесса в науке и искусстве не так уж различны. Наука и искусство за прошедшие столетия образовали человеческий язык, на котором мы можем говорить о более удаленных сторонах действительности, и связные системы понятий представляют собой. точно так же и различные стили в искусстве, в известной степени только различные слова или группы слов этого языка.