

Когда современную науку сравнивают с наукой более ранних времен, часто выдвигается следующее утверждение: наука в процессе своего развития становилась все более и более абстрактной, а в наше время во многих отраслях она достигла прямо-таки пугающей степени абстрактности, что лишь отчасти компенсируется теми огромными практическими успехами, которыми отмечено техническое применение науки. Мне не хотелось бы здесь углубляться в проблему ценности, которая нередко ставится в этой связи. Не стану поэтому гадать, в самом деле наука прежних времен доставляла больше радости, поскольку любовное погружение в детали природных явлений позволяло ей вдохнуть жизнь в изучаемые зависимости природы и сделать их зримыми, или же, напротив, невероятное развитие технических возможностей, к которому привели современные исследования, неопровергнутое продемонстрировало превосходство именно нашей концепции естественных наук. Тем самым проблему ценности мы с самого начала оставим в стороне.

Вместо этого мы попытаемся детально разобрать, как шел процесс абстрагирования по мере развития самой науки. Проследим, насколько это возможно в рамках краткого исторического анализа, что же в действительности происходит, когда наука, явно повинуясь своего рода инстинкту, восходит от одного уровня абстрактности к другому, более высокому, и ради каких познавательных ценностей вообще проделывается этот трудный путь восхождения. Мы обнаружим, что в разных естественнонаучных дисциплинах происходят при этом весьма сходные процессы, сравнение которых позволяет лучше их понять. Когда биолог прослеживает метаболизм и процессы воспроизведения живых организмов вплоть до химических реакций; когда химик заменяет качественное описание веществ более или менее сложной формулой их состава; когда, наконец, физик выражает законы природы в мате-

матических уравнениях — повсюду мы сталкиваемся с одним видом развития, прототип которого можно, по-видимому, отчетливее всего выявить в развитии самой математики. Проблема в том, почему неизбежным оказывается именно такой тип развития.

Начнем с такого вопроса: что такое абстракция и какую роль она играет в понятийном мышлении? Ответ можно сформулировать примерно так: абстракция означает возможность рассмотреть предмет или группу предметов под одним углом зрения, отвлекаясь от всех других свойств рассматриваемого предмета. Сущность абстракции составляет выделение одной особенности и противопоставление ее как особо важной всем прочим. Легко убедиться, что образование понятий происходит в ходе формирования такого рода абстракции, ибо оно предполагает способность распознавать сходство. Поскольку в наблюдаемых явлениях практически никогда не встречается полной тождественности, сходство возникает только в процессе абстрагирования, когда выделяется какая-то одна особенность и устраняются все другие. Чтобы быть в состоянии сформировать, скажем, понятие «дерево», нужно сначала сообразить, что у березы и ели имеются некие общие черты, которые можно выделить посредством абстрагирования и представить обособленно.

Отыскание общих признаков может при известных обстоятельствах оказаться весьма важным познавательным актом. Уже на первых этапах своей истории человек должен был, например, осознать, что сравнение, скажем, трех коров с тремя яблоками указывает на их общую характеристику, а именно ту, которая выражается словом «три». Формирование понятия числа составляет решающий шаг, выводящий человека из той сферы мира, которая дана ему непосредственно в ощущениях, и погружающий его в сплетение рационально постигаемых структур мышления. Утверждение, что два ореха и два ореха составляют вместе четыре ореха, остается в силе, даже если мы заменим слово «орех» словом «хлеб» или назначением какого угодно другого предмета. Его, следовательно, можно обобщить и облечь в абстрактную форму: два и два — четыре. Это было важным открытием. По-видимому, уже достаточно рано люди осознали присущую понятию числа особую способность упорядочивать, а это привело к тому, что некоторые числа стали толковать символически. С точки же зрения современной математики отдельные числа не так важны, как сама операция счета. Именно эта операция порождает

непрерывный ряд натуральных чисел и внутренне предполагает все соотношения, изучаемые, например, в теории чисел. Освоив счет, люди сделали решающий шаг в сферу абстракции, был открыт путь, ведущий к математике и математическому естествознанию.

Теперь мы уже в состоянии перейти к изучению феномена, с которым мы постоянно будем встречаться в дальнейшем на разных уровнях абстрактности в математике или в естественных науках Нового времени. По отношению к процессу развития абстрактного мышления в науке его можно было бы назвать чем-то вроде прафеномена,⁸⁰ — хотя Гёте, разумеется, не использовал бы это изобретенное им выражение в подобном контексте. Феномен этот можно назвать, положим, развертыванием абстрактных структур. Понятия, первоначально полученные путем абстрагирования от конкретного опыта, обретают собственную жизнь. Они оказываются более содержательными и продуктивными, чем можно было ожидать поначалу. В последующем развитии они обнаруживают собственные конструктивные возможности: они способствуют построению новых форм и понятий, позволяют установить связи между ними и могут быть в известных пределах применимы в наших попытках понять мир явлений.

Например, из понятия счета и связанных с ним простых операций вычисления развились в дальнейшем — отчасти в Античности, отчасти в Новое время — сложная арифметика и теория чисел. Эти науки открыли, по сути дела, только то, что с самого начала было заложено в понятии числа. Далее, число и развитое на его основе учение о числовых отношениях позволили измерять и сравнивать отрезки. Отсюда возникла наука геометрии, которая в концептуальном отношении выходит за пределы учения о числе. Уже попытка пифагорейцев положить теорию чисел в основание геометрии натолкнулась на трудности, связанные с отношением несоизмеримых отрезков. В результате они должны были расширить совокупность известных чисел, они были в какой-то мере *вынуждены* изобрести иррациональное число. Двигаясь дальше, греки пришли к понятию континуума и к знаменитым парадоксам, которые впоследствии были изучены философом Зеноном. Мы, впрочем, не собираемся здесь углубляться в трудности, с которыми было связано развитие математики, нам важно просто показать, какое богатство форм заложено в понятии числа и может быть в нем раскрыто.

Итак, абстрагирование может происходить следующим

образом: сформированное вначале абстрактное понятие начинает жить собственной жизнью, оно дает начало новым формам или упорядочивающим структурам, изобилие которых превосходит все ожидания. Впоследствии же эти структуры могут оказаться полезными в понимании явлений окружающего мира.

В связи с этим основным феноменом разгорелась пресловутая полемика о том, что же, собственно, является объектом математики. Бряд ли можно сомневаться в том, что в математике мы имеем дело с настоящим познанием. Но познанием чего? Описываем ли мы в математике нечто объективно сущее, нечто такое, что в каком-то смысле существует независимо от человека, или же математика представляет собой всего лишь выражение способности человеческого мышления? Не являются ли выводимые в математике законы просто утверждениями о структуре человеческого мышления? Я не намерен заниматься здесь этими трудными проблемами всерьез, хочу лишь высказать несколько соображений, подтверждающих объективный характер математики.

Не лишено вероятности, что на других планетах, скажем на Марсе, а если нет, то в других солнечных системах, существует нечто похожее на жизнь. И безусловно, следует считаться с той возможностью, что на каком-нибудь другом небесном теле живут существа, у которых способность к абстрактному мышлению развилась достаточно, чтобы создать понятие числа. Если это так и если они строят на основе понятия числа математическую науку, то они придут к тем же теоретико-числовым утверждениям, что и мы, люди. Арифметика и теория чисел в принципе не могут быть у них другого вида, чем у нас; их результаты должны совпадать с нашими. Следовательно, если считать математику набором утверждений о мышлении человека, то, во всяком случае, речь идет о мышлении как таковом, а не просто о нашем человеческом мышлении. Поскольку вообще существует мышление, математика должна быть одинаковой. Это утверждение можно сопоставить с другим, относящимся к области естественных наук. На других планетах или на еще более удаленных небесных телах, несомненно, действуют те же самые законы природы, что и у нас. Это вовсе не просто теоретическое допущение; ведь с помощью телескопов мы можем убедиться в том, что там присутствуют такие же, как у нас, химические элементы, что они образуют те же самые химические соединения и свет, который они испускают, имеет ту же самую спек-

тральную структуру. Но не станем пока выяснять, имеет ли этот эмпирический естественнонаучный факт какое-либо отношение к тому, что мы только что говорили о математике, а если имеет, то какое.

Прежде чем переходить к развитию естественных наук, обратимся еще раз к математике. На протяжении своей истории математика постоянно формировала новые, все более емкие понятия и поднималась, таким образом, на новые уровни абстрактности. Область чисел расширилась, включив в себя иррациональные числа, а затем комплексные числа. Понятие функции открыло доступ в царство высшего анализа, дифференциального и интегрального исчисления. Понятие группы оказалось продуктивным в алгебре, геометрии и теории функций. Оно навело на мысль о том, что на высшем уровне абстрактности удастся, быть может, упорядочить и понять всю математику, во всем многообразии ее дисциплин с единой точки зрения. В качестве абстрактной основы такого объединения всей математики была разработана теория множеств. Трудности теории множеств вынудили в итоге перейти от математики к математической логике, которая нашла свое развитие в 20-х годах, особенно в работах Давида Гильберта и его со-трудников в Геттингене⁸¹. Каждый раз приходилось подниматься с достигнутого уровня абстрактности на следующий, поскольку в той ограниченной области, где проблемы первоначально возникли, их нельзя было не только по-настоящему решить, но даже и как следует осмыслить. Лишь включение их в контекст более широких проблем открывало возможность по-новому понять их, а это в свою очередь позволяло формировать новые, еще более емкие понятия. Стоило убедиться, к примеру, что аксиому параллельных в евклидовой геометрии доказать невозможно, как была разработана неевклидова геометрия. Но действительное понимание пришло только после того, как был поставлен гораздо более общий вопрос: можно ли доказать в данной системе аксиом, что она не содержит противоречия?⁸² Только когда вопрос был поставлен таким образом, была затронута сама суть проблемы. В конце концов развитие математики привело к тому, что основания ее могут обсуждаться только в чрезвычайно абстрактных понятиях, которые, кажется, полностью утратили какую бы то ни было связь с миром предметного опыта. Математик и философ Берtrand Рассел высказался так: «Математика — это занятие, в котором никогда не известно, ни о чем говорят, ни истинно ли то, что говорят». (Поясним вторую часть высказывания:

всегда можно убедиться в том, что математические формулы правильны, но не в том, существуют ли в действительности объекты, к которым они могли бы относиться.) Но история математики служит нам здесь всего лишь примером, позволяющим признать неизбежность движения к большей абстрактности и к унифицированности. Теперь следует задаться вопросом, происходит ли что-нибудь подобное в естественных науках.

Мне хотелось бы начать с науки, предмет которой наиболее близок к жизни и потому должен был бы быть наименее абстрактным. Я имею в виду биологию. При ее старом разделении на зоологию и ботанику она большей частью была описанием многообразия форм, в которых встречается жизнь на Земле. Биологическая наука занималась сравнением форм с целью внести порядок в явления жизни, изобилие которых кажется поначалу почти необозримым. Велись поиски регулярностей или закономерностей, действующих в сфере живого. Но тут возникал естественный вопрос: с какой точки зрения можно сравнивать организмы, что за общие признаки могли бы послужить основанием для такого сравнения? Именно на этот вопрос стремился ответить, например, Гёте в исследованиях метаморфозы растений. Здесь-то и пришлось сделать первый шаг к абстракции. Теперь начинали уже не с вопроса об отдельных организмах, а с проблемы характерных для жизни биологических функций, таких, как рост, метаболизм, воспроизведение, дыхание, кровообращение. Здесь и была найдена та точка зрения, которая, несмотря на все разнообразие организмов, позволяла легко их сравнивать. Подобно абстрактным понятиям математики, понятие биологических функций оказалось на редкость продуктивным. В нем открылась как бы внутренне присущая ему способность упорядочивать весьма широкие сферы биологии. Так, изучение процесса наследования признаков привело к возникновению эволюционной теории Дарвина, которая впервые позволяла интерпретировать все многообразие органической жизни на Земле с единой, всеобъемлющей точки зрения.

С другой стороны, исследования дыхания и метаболизма неизбежно подводили к вопросу о химии жизненных процессов; возникла мысль сравнить их с процессами, идущими в химической колбе. В результате был переброшен мост от биологии к химии, но тут же возник вопрос, подчижаются ли химические процессы в организме тем же законам, что и в неживой среде. Таким образом, вопрос о биологических функциях уступил место другому: с помощью

каких материальных механизмов осуществляются эти функции в природе? Пока внимание было направлено на биологические функции сами по себе, стиль рассмотрения проблем еще вполне соответствовал умонастроению людей типа врача и философа Каруса⁸³, бывшего в дружеских отношениях с Гёте. Он указывал на тесную связь между функциональными отправлениями организма и бессознательными движениями души. Но когда был поставлен вопрос о материальном воплощении этих функций, рамки биологии в собственном смысле слова были сломаны. Отныне стало ясно, что реальное понимание биологических процессов возможно только в том случае, если будут научно проанализированы и интерпретированы соответствующие им химические и физические процессы.

На этом, следующем уровне абстрактности наука отвлекается, таким образом, от биологической специфики и спрашивает только о том, какие физико-химические процессы, действительно происходящие в организме, соответствуют биологическим процессам. Идя таким путем, в настоящее время мы подошли к установлению весьма общего механизма, которым, по-видимому, совершенно единообразно определяются все процессы жизни на Земле. Проще всего выразить их на языке атомной физики. В качестве конкретного примера можно упомянуть факторы наследственности, которые переходят от организма к организму, подчиняясь известным законам Менделя. Эти факторы наследственности материально и зримо представлены в виде данной последовательности четырех специфических молекулярных групп, многократно сцепленных друг с другом в двух нитях молекулярной спирали так называемой дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), которая играет ведущую роль в строении клеточного ядра. Так расширение биологии, перенос ее проблем в сферу химии и атомной физики сделали возможным единое понимание некоторых фундаментальных биологических явлений, общих для всего живого на Земле. Пока еще остается нерешенным, те же ли физические и химические структуры лежат в основе жизни, существующей, возможно, и на других планетах, однако, по всей видимости, ответ на этот вопрос — дело не очень далекого будущего.

Развитие химии шло во многом подобно развитию биологии. Остановлюсь только на одном эпизоде из истории химии, показательном с точки зрения феномена абстрагирования и унификации, а именно на развитии понятия валентности. Химия занимается качествами веществ и ре-

шает вопрос, как можно превратить вещества с одними качествами в другие вещества с отличающимися качествами, как можно соединять, разделять и изменять вещества. Когда соединения веществ начали анализировать количественно, то есть задаваться вопросом о количестве различных химических элементов, присутствующих в соответствующем соединении, был открыт закон кратных отношений. Уже и раньше в качестве удобного образа, помогающего представить себе соединение элементов, пользовались идеей атома. При этом отталкивались от известной аналогии: если, скажем, смешать белый и красный песок, возникает песок, красноватый цвет которого будет светлее или темнее в зависимости от пропорционального состава смеси. Подобным образом, мысленно заменяя песчинки атомами, представляли себе и химическое соединение двух элементов. А поскольку свойства химического соединения отличаются от свойств образующих его элементов сильнее, чем смесь песка от двух его исходных сортов, можно было уточнить эту картину, предполагая, что разные атомы первоначально группируются в молекулы, которые и представляют собой мельчайшие единицы соединения. Целочисленные отношения основных веществ в различных соединениях можно было интерпретировать как соотношение числа атомов в молекуле. Такая наглядная интерпретация в самом деле подтверждалась экспериментами, и в результате можно было приписать каждому атому некое число, так называемую валентность, символизировавшую способность данного атома вступать в соединение с другими. Поначалу, впрочем, оставалось совершенно неясным — это и есть тот пункт, который нас занимает, — следует ли представлять себе валентность в виде направленной силы, геометрического свойства атома или как-нибудь иначе. На протяжении долгого времени нельзя было решить, являются ли сами атомы материальными телами или же они суть всего лишь вспомогательные геометрические образы, с помощью которых удобно математически отображать химические реакции. Говоря здесь о математическом отображении, имеют в виду, что символы и правила их связи, то есть в данном случае валентности и правила их комбинирования, изоморфны явлениям в том же смысле, в каком можно, например, сказать, пользуясь математическим языком теории групп, что линейные преобразования вектора изоморфны вращению в трехмерном пространстве. На практике, без математической терминологии, это означает: представление о валентности можно использовать для

предсказания того, какие химические комбинации данных элементов возможны. Но обладает ли валентность еще и помимо этого некой реальностью, реальностью в том смысле, в каком могут считаться реальными сила или геометрическая форма, — этот вопрос долго оставался без ответа, его решение было не столь уже важным для химии.

Итак, несмотря на сложность химических реакций, внимание в первую очередь было направлено на анализ количественных соотношений, а всем прочим пренебрегали, то есть совершали процесс абстрагирования. В результате пришли к понятию, которое позволило единообразно интерпретировать и отчасти понять самые разнообразные химические реакции. Лишь много позже, а именно в новейшей атомной физике, выяснилось, какого рода реальность стоит за понятием валентности. И хотя мы до сих пор не в состоянии точно сказать, что, собственно, такое валентность — сила, электронная орбита, сгущение плотности электрического заряда атома или просто возможность чего-то в этом роде, — для современной физики эта неопределенность относится уже никак не к предмету, а только к языку, на котором мы говорим о нем и несовершенство которого мы в принципе не можем устраниТЬ.

От понятия валентности уже недалеко до того языка абстрактных формул, на котором говорит современная химия и который в любой ее области позволяет химику понять смысл и результат работы в любой отрасли химии.

Таким образом, стремление достигнуть единого и общего понимания выдвигает вопросы, которые ведут к образованию абстрактных понятий. Потоки информации, которую накапливают в наблюдениях и экспериментах биолог или химик, двигаясь в русле этих вопросов, в конечном счете вливаются в обширную сферу атомной физики. Создается поэтому впечатление, что физика занимает центральное положение в науке. Она должна быть всеобъемлющей, то есть указывать ту фундаментальную, единую для всего в природе структуру, с которой можно было бы соотнести все явления и на основе которой можно было бы упорядочить все феномены. Физика оказывается, таким образом, общим основанием и химии, и биологии. Но даже для самой физики это никоим образом не самоочевидно — прежде всего потому, что существует великое множество физических явлений, внутренняя связь которых ускользает от понимания. Поэтому нам придется коснуться теперь и развития физики. Для начала бросим взгляд на самые ранние его этапы.

У истоков античного естествознания стоит, как известно, открытие Пифагора, гласящее (в передаче Аристотеля): «Вещи суть числа»⁸⁴. Если интерпретировать пифагорейское учение (как оно описано Аристотелем) на современный лад, то, по-видимому, имелось в виду следующее: все явления можно упорядочить, а значит, и понять, связывая их с математическими формами. Но связь эта мыслилась не как произвольный акт нашей познавательной способности, а как нечто объективное. Говорится, например, так: «Числа — бытийная суть вещей» или «Все небо — гармония и число»⁸⁵. Прежде всего имелся в виду, вообще говоря, просто мировой порядок. Для античной философии мир — это космос, а не хаос. Такое понимание мира еще не кажется слишком абстрактным. Астрономические наблюдения интерпретировались, например, с помощью понятия кругового движения. Небесные светила движутся по своим кругам. В силу высокой симметричности круг — особо совершенная фигура; движение по кругу ясно само по себе. Однако чтобы правильно сгруппировать все наблюдения сложного движения планет, нужно было сочетать уже несколько круговых движений, циклов и эпизиклов. Этого было, впрочем, вполне достаточно для тогдашнего уровня точности. Солнечные и лунные затмения предсказывались в астрономии Птолемея весьма точно.

В противоположность этим древним воззрениям ньютоновская физика в самом начале Нового времени выдвинула следующий вопрос: нет ли у движения Луны вокруг Земли чего-то общего с полетом падающего или брошенного камня? Открытие, что здесь существует общность, позволяющая рассматривать вещи исключительно под этим одним углом зрения в отвлечении от множества других, весьма глубоких различий, относится в истории науки к числу событий, наиболее богатых последствиями. В процессе описываемого обобщения было сформировано понятие силы, которая вызывает изменение количества движения тела. В разбираемом случае речь шла о силе тяготения. Хотя понятие силы еще тесно связано с чувственным опытом, например с ощущениями, сопровождающими подъем грузов, тем не менее в рамках ньютоновской аксиоматики оно становится вполне абстрактным понятием, которое определяется величиной изменения количества движения и никак не связано с этими ощущениями. С помощью немногих понятий, таких, как масса, ускорение, количество движения, сила, Ньютон строит замкнутую систему аксиом, достаточную — если отвлечься от прочих телесных характерис-

тик — для теоретического описания всех механических движений. Впоследствии, как известно, эта система аксиом, подобно понятию числа в математике, оказалась чрезвычайно продуктивной. В течение двух столетий математики и физики получили интереснейшие результаты из того положения Ньютона, которое мы учим в школе в простейшей формулировке: масса \times ускорение = сила. Уже сам Ньютон начал разрабатывать теорию планетных движений, и в последующей астрономии она была развита и уточнена. Было изучено и теоретически описано вращательное движение, получила развитие механика жидких тел и теория упругости, была математически разработана аналогия между механикой и оптикой.

Здесь, впрочем, следует особо подчеркнуть два обстоятельства.

Во-первых, если интересоваться только прагматической стороной науки и сравнивать, скажем, ньютоновскую механику с античной астрономией единственно по их способности делать астрономические предсказания, то физика Ньютона, во всяком случае на первых этапах развития, вряд ли превзойдет в чем-либо античную астрономию. Комбинируя циклы и эпициклы, можно было воспроизводить движение планет, вообще говоря, с какой угодно точностью. Убедительность ньютоновской физики коренилась, следовательно, отнюдь не в ее практической результативности. Сила ее обуславливала в первую очередь способностью обобщать, охватывать единым взором крайне разнородные явления и давать им единообразное объяснение.

Во-вторых, в последующие столетия на основе ньютоновского подхода были открыты новые области механики, астрономии, физики, и для этого понадобилась большая научная работа целого ряда исследователей, однако результат был с самого начала заложен, пусть и неявно, в новом подходе, подобно тому как понятие числа имплицитно содержало в себе всю теорию чисел. Если бы разумные существа на других планетах положили в основу своих научных исследований ньютоновские предпосылки, они получили бы те же самые ответы на те же самые вопросы. Вот почему в истории ньютоновской физики мы имеем дело с тем самым «развертыванием абстрактных понятий», о котором мы говорили в начале доклада.

Только в XIX веке обнаружилось, что ньютоновский подход все же недостаточно мощен, чтобы дать адекватное математическое описание всем наблюдаемым явлениям. Например, электрические явления, которые оказались в

центре внимания, особенно после открытий Гальвани, Вольта и Фарадея, плохо укладывались в систему механических понятий. Поэтому Фарадей отверг теорию упругих тел и создал понятие силового поля. Теперь нужно было исследовать и объяснить изменения этого поля во времени независимо от движения тел. Впоследствии отсюда возникла максвелловская теория электромагнитных явлений, а на ее основе — теория относительности Эйнштейна и, наконец, общая теория поля, которая могла бы стать, как надеялся Эйнштейн, фундаментом всей физики. Нет нужды вдаваться здесь в подробности этой истории. Для наших размышлений важно только то обстоятельство, что в результате всех этих событий физика еще в начале нашего века была далека от такого бы то ни было единства. Материальным телам, движение которых изучалось в механике, противостояли движущие силы, а силовые поля представляли собою особую реальность, в которой действовали свои законы природы. Разные поля соседствовали друг с другом без всякой связи. К электромагнитным и гравитационным силам, известным достаточно давно, к силам химической валентности добавились в последние десятилетия ядерные силы и взаимодействия, играющие решающую роль в процессах атомного распада.

Подобное сосуществование разных наглядных картин и не связанных друг с другом типов силовых полей неминуемо становилось проблемой для науки. Мы ведь убеждены, что в конечном счете природа устроена единообразно и что все явления подчиняются единообразным законам. А это означает, что должна существовать возможность найти в конце концов единую структуру, лежащую в основе разных физических областей.

Современная атомная физика приблизилась к этой цели с помощью тех же методов абстрагирования и образования более общих понятий. Картины, которые получались при столкновении экспериментов в атомной физике, явно противоречили друг другу. В результате центральным понятием теоретической интерпретации стало понятие «возможность», или «чисто потенциальная реальность». Тем самым было разрешено противоречие между частицами ньютоновской физики и полями физики Фарадея — Максвелла. И вещества, и поле суть лишь возможные проявления одной и той же физической реальности. Противоположность между силой и материей утратила смысл. Весьма абстрактное понятие «чисто потенциальная реальность» обнаружило чрезвычайную продуктивность также и в том, что с его

помощью оказалась возможной квантовомеханическая интерпретация биологических и химических явлений. Однако искомая взаимосвязь разного рода полей выявила в самые последние годы просто как результат эксперимента. Каждому типу поля соответствует — в смысле потенциальной реальности — определенный сорт элементарных частиц. Электромагнитному полю соответствует световой квант, или фотон, химическим силам в какой-то мере соответствует электрон, силам атомного ядра — мезон и т. д. В экспериментах с элементарными частицами обнаруживается, что при столкновении частиц такого рода, движущихся с очень большой скоростью, возникают новые частицы, причем создается впечатление, что можно получить новые частицы любого произвольно выбранного типа, если только при ударе будет обеспечена необходимая для их порождения энергия. Стало быть, все элементарные частицы, так сказать, сделаны из одного материала — его можно называть просто энергией или материей — и могут превращаться друг в друга. Тем самым поля тоже могут переходить друг в друга; их внутреннюю связь можно выяснить непосредственно в эксперименте.

Перед физиком стоит задача сформулировать законы, по которым происходит это взаимопревращение элементарных частиц. Эти законы должны представлять или отображать точным, а потому с необходимостью абстрактным языком математики то, что можно увидеть в эксперименте. Экспериментальная физика, работающая с мощным оборудованием, поставляет всевозрастающее количество информации, потому решение этой задачи не должно быть слишком трудным делом.

Наряду с понятием потенциальной реальности, как-то соотнесенной с пространством и временем, особо важную роль играет ограничение, в соответствии с которым взаимодействие не может распространяться со скоростью, превышающей скорость света.

Что же касается математической формы, то у нас в конечном счете остается теоретико-групповая структура — совокупность условий симметрии, которую можно выразить довольно простыми математическими средствами. Достаточно ли этой структуры для представления результатов опыта, может опять-таки показать только процесс развертывания, о котором мы уже многократно говорили. Впрочем, детали для нас здесь несущественны, эксперименты последних десяти лет достаточно ясно показывают принципиальную возможность искомой нами связи. Мы уверены,

что видим уже в общих чертах единую физическую структуру природы.

Здесь, однако, следует указать также и на ограниченность этого способа понимания природы, ограниченность, присущую самой природе абстракции. Отвлекаясь от множества важных аспектов и выделяя единственный признак, с помощью которого можно упорядочить явления, мы ограничиваемся построением некоей базисной структуры, своего рода скелета, который мог бы обрести черты реальности, только если к нему присоединить множество иных деталей. Связь между явлением и базисной структурой, вообще говоря, столь запутанна, что вряд ли ее можно проследить во всех деталях. Но по крайней мере в физике нам гораздо более ясно, как связаны понятия, использующиеся при непосредственном описании явлений, и понятия, фигурирующие в формулировках законов природы. В химии проследить такую связь значительно труднее, а биология лишь теперь изредка начинает понимать, каким образом можно увязать наши понятия, почерпнутые из непосредственного знания явлений жизни, — а значение таких понятий сохраняется в биологии без всяких ограничений — с этими базисными структурами. И все же понимание, обретаемое нами на путях абстракции, дает нам как бы естественную систему координат, относительно которой мы можем упорядочивать явления. Обретенное таким образом миропонимание относится к знанию, которое мы с самого начала надеялись обрести и к которому продолжаем упорно стремиться, так же, как панорама местности, видимая с борта самолета, летящего высоко в небе, — к образу той же местности, который мы можем составить, живя и странствуя в ней.

Обратимся снова к вопросу, поставленному вначале. Свойственная естественной науке тяга к абстракции связана в конечном счете с потребностью продолжать ставить вопросы, со стремлением к единому пониманию. Гёте пожаловался на это однажды в связи с созданным им понятием прафеномена. Он пишет в «Учении о цвете»: «Если бы, впрочем, прафеномен и был найден, беда в том, что его все равно не захотят признать таковым. Мы ищем чего-то еще за ним, по ту сторону, тогда как здесь-то и надо бы поставить предел нашему созерцанию». Гёте ясно ощущал, что, продолжая задавать вопросы, мы неизбежно попадем в область абстракций. Говоря «за ним», Гёте как раз и имеет в виду следующий уровень абстрактности. Гёте хочет избегнуть этого; мы должны поставить предел нашему

созерцанию и не переступать его, потому что за этим пределом созерцание оказывается невозможным и начинается царство конструирующего мышления, оторванного от чувственного опыта. Это царство всегда оставалось для Гёте чуждым и жутким прежде всего потому, что его ужасала беспредельность этого царства. Явная беспредельность открывающихся тут просторов могла привлечь мыслителя лишь совершенно другого склада, чем Гёте. Ницше говорит так: «Абстрактное — мука для многих, а для меня в мои лучшие дни — праздник и упоение».

Но люди, размышляющие о природе, продолжают задавать вопросы, ибо они хотят постигнуть мир как единство, понять его единый строй. С этой целью они образуют все более широкие понятия, связь которых с непосредственным чувственным переживанием прослеживается уже с трудом; и тем не менее существование такой связи — непременное условие, при котором абстракция вообще только и дает что-то для понимания мира.

Мы рассмотрели, как — на протяжении длительного периода развития — шел процесс абстрагирования в сфере естественных наук. Теперь, когда наш обзор подошел к концу, трудно удержаться от искушения бросить беглый взгляд на другие сферы духовной жизни, на искусство и религию, и спросить, происходили ли там подобные процессы и происходят ли сейчас.

Например, в области изобразительного искусства бросается в глаза известная аналогия между тем, как развивается художественный стиль, связанный с некоторыми простыми базисными формами, и тем, что мы называли здесь развертыванием абстрактных структур. Здесь, как и в естественных науках, создается впечатление, что базисные формы — как, например, квадрат и полукруг в романской архитектуре — в огромной степени уже предопределяют возможности созидания и совершенствования форм в позднейшие эпохи, когда эти формы значительно усложнились. Словом, и в развитии стиля речь идет скорее о развертывании некоторых форм, чем о созидании новых. Весьма важная общая особенность состоит, далее, в том, что такие исходные формы нельзя изобрести, их можно только открыть. Они обладают подлинной объективностью. В естественных науках они должны описывать реальность, в искусстве — выражать то, чем живет данная эпоха. При благоприятных обстоятельствах можно открыть, что формы, которые могут исполнить такую функцию, существуют, но их нельзя попросту сконструировать.

Труднее судить о том, насколько оправданно высказываемое время от времени предположение, что абстрактность современного искусства и абстрактность современных естественных наук вызваны аналогичными причинами, что между ними есть некое содержательное родство. Если здесь допустимо сравнение, оно должно означать следующее: разрывая связь с непосредственным чувственным переживанием, современное искусство получает возможность вскрывать и изображать более широкие взаимосвязи, чем это умело делать прежнее искусство. Современное искусство умеет передавать единство мира лучше, чем древнее. Я не берусь решать, правильна ли такая интерпретация.

Нередко развитие современного искусства интерпретируется иначе: распад в наше время старых порядков, например религиозных укладов, отражается в искусстве как распад традиционных форм, от которых остаются только отдельные абстрактные элементы. Если такая интерпретация верна, то абстрактность искусства не имеет никакого отношения к абстрактности современной науки, ибо для того, чтобы наука достигла такого уровня абстракции, нужно было суметь охватить единым пониманием весьма широкий круг взаимосвязей.

Здесь, может быть, уместно привести еще одно сравнение, из области истории. В том, что абстракция порождается непрекращающимся вопрошанием и стремлением к единству, можно убедиться, анализируя одно из наиболее значительных событий в истории религии. Идея Бога, сформировавшаяся в иудейской религии, стоит на более высоком уровне абстрактности, чем представление о множестве различных натуральных божеств, воздействие которых в мире можно было непосредственно испытывать. Только на этом, более высоком уровне можно понять единство божественных действий. Борьба последователей иудейской религии против Христа была, если верить Мартину Буберу⁸⁶, борьбой за чистоту абстракции, за утверждение ее высокого единожды обретенного уровня. Христос, напротив, должен был настаивать на том, что абстракцию нельзя отрывать от жизни, что человек должен непосредственно предстоять Богу и испытывать его воздействие, даже если Бог и не дан ему в понятном образе. Из истории науки мы уже хорошо знаем, что в этом и состоит основная трудность всякой абстракции. Естествознание вообще было бы бессмысленным, не будь возможности проверить его утверждения путем прямого наблюдения природы. Искусство равным образом было бы бессмысленным, лишь

оно способности побуждать человека к выяснению смысла своего существования.

Впрочем, заходить слишком далеко в этих рассуждениях было бы неосмотрительно, ведь мы собирались только разъяснить процесс развития абстракций в современной науке. Следует, по-видимому, ограничиться следующей констатацией. Современная наука пронизана глубоким смысловым единством, оно возникло непроизвольно в результате того, что люди не прекращали задавать вопросы; и это непрекращающееся вопрошание есть та форма, в которой человек определяет свои отношения с окружающим миром, чтобы познать единство его строения и жить в нем.