

О понятиях направленности и необратимости времени

Анисов А.М.

1. Постановка проблемы

Мы сплошь и рядом используем понятия, о точном смысле которых не имеем ни малейшего представления. И данное обстоятельство обычно не мешает нам понимать друг друга! Однако, как только нас попросят уточнить, что имеется в виду, мы оказываемся в тупике. Между тем, если не ясно, о чём идёт речь и что имеют в виду, никакая наука об этом невозможна. Одно дело обыденные рассуждения, другое – научные теории. В первом случае особая скрупулезность просто не нужна. Но во втором случае без неё не обойтись. Сказанное целиком относится к понятию времени и связанным с ним концептам. Ещё Блаженный Августин подметил:

«О чём ... упоминаем мы в разговоре как о совсем привычном и знакомом, как не о времени? И когда мы говорим о нём, мы, конечно, понимаем, что это такое, и, когда о нём говорит кто-то другой, мы тоже понимаем его слова. Что же такое время? Если никто меня об этом не спрашивает, я знаю, что такое время: если бы я захотел объяснить спрашивающему – нет, не знаю»¹.

Парадоксальным образом, в нынешних физических теориях, создатели которых претендуют на то, что это теории в том числе и времени, и которые действительно существенным образом используют понятие времени, никаких вразумительных объяснений по поводу того, что такое время и каковы его свойства, как правило, не даётся. Это Ньютон мог предложить своё определение времени. Нынешние физики предпочитают не рисковать. В 2004 г. в Санкт-Петербурге известный физик делал доклад «Стрела времени в современной космологии». На законный вопрос, что такое «стрела времени», ответа не последовало. Со времени Эддингтона слова «стрела времени» остаются метафорой, поэтическим образом. Недаром в этой связи встречаются прямые ссылки на поэтов. «Стрела времени, – пишут И.Пригожин и И.Стенгерс, – является проявлением того факта, что будущее не задано, т.е. того, что, по

¹ *Августин А.* Исповедь. М., 1991. Кн. 11, XIV, 17.

словам французского поэта Поля Валери, «время есть конструкция»². В основательной книге С.Д.Хайтуна³, специально посвящённой проблеме необратимости времени, ни понятие времени, ни понятие необратимости никак не определяются. То же самое относится и к часто используемому понятию направленности времени. Количество подобных примеров можно многократно увеличить. Поэтому лучше обратиться к редким исключениям из правила.

А.Н.Матвеев определяет время так:

«Под временем понимается свойство материальных процессов иметь определённую длительность, следовать друг за другом в определённой последовательности и развиваться по этапам и стадиям»⁴.

Излишне говорить, что подобные определения неизвестное (время) определяют через неизвестное (длительность, развитие, этапы и т.д.). Кроме того, здесь допущена логическая ошибка «круг в определении», поскольку определение понятия «развитие» немислимо без использования понятия времени.

И.Пригожин в одной из своих книг⁵ даёт определения времени (представляя его как особого рода оператор) и необратимости (определяя понятие внутренне необратимых систем). Однако при этом понятие времени подменяется понятием возраста системы. Конечно, возраст, как и развитие, тесно связаны со временем, но это разные понятия. Время как таковое не является ни возрастом, ни развитием. Что касается необратимости, то она вводится со ссылкой на опыт, тогда как в используемой Пригожиным математике «обратимое» время устранить не удалось. Подробнее об этом будет сказано ниже.

2. Теоретико-множественные модели времени

Пожалуй, с наибольшей силой статический подход к описанию реальности воплотился в восторжествовавших в современной науке представлениях о времени. Как правило, в рамках точно сформулированной статической концепции принимается, что время является отношением линейного порядка R (отождествляемого с отношением «раньше, чем» или с «позже, чем») на *заранее данном* непустом множестве моментов времени M , т.е., с теоретико-множественной точки зрения, время – это пара $T = \langle M, R \rangle$. Отступления от этого правила бывают тройкого рода.

² Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М., 1986. С. 59.

³ Хайтун С.Д. Механика и необратимость. – М.: «Янус», 1996. – 448 с.

⁴ Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. Учеб. пособие для вузов. М., 1976. С. 50.

⁵ Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках. М., 1985.

Во-первых, изредка вместо бинарного отношения R пытаются вводить временные отношения с большим количеством мест. Например, в теории относительности принимается, что в одной системе отсчета k событие s_1 может наступить раньше, чем событие s_2 , а в системе отсчета k' временной порядок этих событий окажется другим (так бывает, если два события, в силу принимаемого в этой теории постулата о существовании предельной скорости взаимодействий, не могут находиться в причинной связи между собой). Но если зафиксировать систему отсчета или рассматривать только пары событий, могущие находиться в причинной связи, то время вновь окажется привычным линейно упорядоченным множеством с бинарным отношением «раньше, чем», так что изменения, вводимые теорией относительности в наши представления о времени, на самом деле не столь уж значительны, как зачастую думают. Во-вторых, иногда требование линейности ослабляется до условия частичной упорядоченности множества моментов времени. Так, в логике рассматриваются различные модели ветвящегося времени, с помощью которых, в частности, надеются избежать фаталистических выводов о будущем. Это более интересное нововведение по сравнению с предыдущим, однако, оно все еще воспринимается как слишком радикальное для того, чтобы использовать его в естествознании. В-третьих, геометрический образ времени позволяет обсуждать возможность существования замкнутых временных линий. При этом не всегда осознают, что в таком случае отношение «раньше, чем» перестает быть отношением порядка на множестве моментов времени, и теперь бессмысленно спрашивать, наступило ли событие s_1 раньше или позже, чем событие s_2 .

Вообще, замкнутые временные линии призваны проиллюстрировать возможность течения времени вспять. Однако для демонстрации этой возможности вовсе не обязательно отказываться от трактовки отношения «раньше, чем» как отношения порядка. Достаточно сопоставить временному отношению порядка R его обратное отношение R^* (которое получается из R следующим образом: $R^* = \{ \langle a, b \rangle \mid \langle b, a \rangle \in R \}$), оставив прежнее прочтение «раньше, чем». Полученное отношение R^* также будет отношением порядка на множестве моментов времени M . Действительно, пусть R есть отношение *частичного порядка*, для определенности, антирефлексивное и транзитивное отношение, т.е. R удовлетворяет двум следующим требованиям:

$$1. \forall x \neg(xRx);$$

$$2. \forall x \forall y \forall z (xRy \ \& \ yRz \rightarrow xRz).$$

Тогда R^* очевидным образом удовлетворяет первому требованию, а при xRy , yRz , xRz в силу определения R^* окажется, что yR^*x , zR^*y , zR^*x , откуда, навешивая кванторы всеобщности, получаем $\forall z\forall y\forall x(zR^*y \ \& \ yR^*x \rightarrow zR^*x)$. После переименования кванторов приходим ко второму требованию $\forall x\forall y\forall z(xR^*y \ \& \ yR^*z \rightarrow xR^*z)$. Теперь, если событие s_1 раньше, чем событие s_2 в системе $\langle M, R \rangle$, то событие s_2 будет раньше, чем событие s_1 в системе $\langle M, R^* \rangle$.

Учитывая только что сказанное, в целях формальной экспликации статической концепции под *временем* $T = \langle M, R \rangle$ будем понимать произвольное непустое множество моментов M вместе с частичным порядком на нем R , трактуемом как отношение «раньше, чем».

Как уже упоминалось выше, чаще всего в науке отношение частичного порядка ограничивают требованием линейности, т.е. принимается дополнительная аксиома

$$3. \forall x\forall y(xRy \vee yRx \vee x=y).$$

Обычно в качестве времени берется не любое, а конкретное линейно упорядоченное – множество действительных чисел R . При этом действительные числа отождествляются с моментами времени, а стандартное отношение порядка $<$ на этом множестве рассматривается как временное отношение «раньше, чем» (либо «позже, чем» в случае отношения $>$). Геометрическим образом так представленного времени является бесконечная в обе стороны прямая.

Но это еще не все. Чтобы наполнить рассматриваемую абстрактную математическую структуру реальным содержанием, каждому моменту t из R , чаще не оговаривая этого явно, сопоставляют множество событий m , происходящих в указанный момент времени. Так появляется *функция* T из R на некоторое множество множеств W , элементами которого являются множества событий. Теперь легко придать смысл утверждению вида «В момент t произошло событие s »: это означает, что

$$T(t) = m \ \& \ s \in m.$$

Почему нельзя напрямую моментам времени сопоставить события? Ответ очевиден. Поскольку в каждый момент времени t происходит много событий, такое прямое сопоставление не будет функцией. Быть может, следует поступить наоборот, сопоставив события моментам времени? Однако некоторые события (например, вспышки света или распады атомных ядер) происходят много раз и в *разные* моменты времени, так что и это сопоставление не будет функцией.

С математической точки зрения все эти построения тривиальны. Значимость они могут обрести лишь в том случае, если их можно свя-

зять с реальностью, с реально происходящими событиями. А реально мы говорим о событиях определенного дня, недели, месяца, года, минуты, секунды и т.п. А это не мгновения, а *интервалы* времени. Даже когда речь идет о мгновении применительно к действительно происходящему, подумав, мы должны согласиться, что на самом деле имеется в виду некоторый интервал (или отрезок) времени. Для наших целей достаточно ограничиться интервалами длиной в год (другие интервалы будут получаться аналогичным образом). Итак, как можно в рамках рассматриваемой структуры придать смысл высказыванию вида «Событие s произошло в n-ом году»?

Поступим следующим образом. Поскольку целые числа содержатся среди действительных чисел, при $n < 0$ $|n|$ -тым годом до нашей эры объявим полуинтервал $[n, n+1)$ ⁶. Например, при $n = -1$ получим $|n| = 1$, т.е. первый год до нашей эры. При $n \geq 0$ также возьмем полуинтервал $[n, n+1)$, но теперь будем говорить о $n+1$ годе нашей эры. Например, при $n = 0$ получим 1 год нашей эры. Очевидно, так определенные полуинтервалы покроют всю ось времени и при этом они нигде не пересекутся между собой. Для любого n положим $f(n) = |n|$, если $n < 0$, и $f(n) = n + 1$, если $n \geq 0$. Какие события $S_{f(n)}$ произошли за год $D_{f(n)}$, соответствующий полуинтервалу $[n, n+1)$ ⁷? Очевидно, необходимо взять объединение множеств событий, происшедших за все моменты времени из этого полуинтервала:

$$S_{f(n)} = \{s | s \in \bigcup_{t \in [n, n+1)} T(t)\}$$

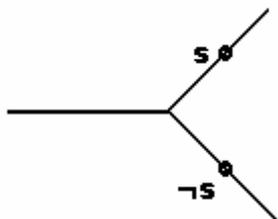
Рассмотрим полуинтервал $[2004, 2005)$. Ему соответствует 2005 год и множество событий этого года S_{2005} . Для любого читающего эти строки 2005 год уже в прошлом, так что мысль о том, что все события этого года уже произошли и потому о них можно осмысленно говорить, не покажется из ряда вон выходящей. Возьмем теперь полуинтервал $[20004, 20005)$. Чему в *реальности* соответствует образование S_{20005} ? Событиям 20005 года? Но где, кто и когда доказал, что эти события существуют в таком же смысле, что и события 2005 года? Ведь для всех ныне живущих они в будущем и, более того, навсегда останутся в будущем, учитывая наши шансы дожить до 20005 года. Между тем, статическая концепция времени без лишних разговоров объявляет существующими события любого года на темпоральной шкале. И если эта концепция действительно является картой реальности, то соответствующие множества $S_{f(n)}$ существуют при каждом целом n . А если для будущих n этих

⁶ Подразумевается, что $a \in [a, b)$, но $b \notin [a, b)$.

⁷ Ясно, что $d_n = |n|$ при $n < 0$ и $d_n = n + 1$ при $n \geq 0$.

событий нет, если они не существуют? Ведь будущее – еще не факт. В конце концов, откуда эта беззаботная уверенность в том, что мир будет существовать всегда? *А если очередной год не наступит?* В таком случае статическая карта изображает несуществующие земли и потому является плодом нашей фантазии. Человека, вздумавшего объявить о существовании еще одного материка Земли, с позором бы изгнали из заседания географического общества. Но что непозволительно географу, дозволено физику и философу-статику. Необходимо, наконец, перестать быть излишне доверчивыми и потребовать доказательств существования событий любого, сколь угодно отдаленного будущего.

Если же нам скажут, что не собираются настаивать на существовании событий будущих лет, что использование функционального подхода лишь приближенно описывает реальность, которая в действительности гораздо сложнее, и т.п., то возникает вопрос: зачем же тогда использовать понятийный аппарат, коль скоро известно, что он не является адекватным? Зачем наносить на карту реальности несуществующие острова, эти атлантиды воображения? Не лучше ли ограничиться имеющимися в действительности землями, территориями, на которые можно ступить!



Впрочем, в рамках статики имеется одна возможность для того, чтобы избежать нанесения на карту реальности *определенного* будущего. Для этой цели используют идею ветвления времени в будущее. Мы можем считать, что события делятся на необходимые (обязательно наступающие в будущем) и случайные, которые в будущем могут быть, а могут и не быть. Например, если кто-то, возможно, женится в следующем году (событие s), то также возможно, что он этого не сделает (событие $\neg s$). Альтернативные сценарии изображены на рисунке. В рассматриваемой ситуации уже нельзя образовать множество событий будущего года. В самом деле, такое множество d должно было бы как содержать событие s ($s \in d$), так и не содержать s ($s \notin d$), что противоречиво. Однако, исходя из содержательных соображений, требуется наложить запрет на ветвление времени в прошлое. Так что прошлое у каждого объекта одно единственное, тогда как будущее альтернативно. Иными словами, время ветвится в будущее, но линейно в прошлое, как и показано на рисунке. С формальной точки зрения это можно выразить при помощи следующих условий.

Положим $xRy \Leftrightarrow_{df} x \neq y \ \& \ \neg(xRy) \ \& \ \neg(yRx)$ и назовем такие x и y *несравнимыми* по отношению R . Очевидно, что введенное отношение Π

является антирефлексивным и симметричным, т.е. $x \rightarrow y \rightarrow y \rightarrow x$, но не транзитивным.

$$3'. \forall x(\exists u(xRu) \rightarrow \exists y\exists z(xRy \ \& \ xRz \ \& \ y \rightarrow z)).$$

$$4. \forall x\forall y\forall z(yRx \ \& \ zRx \rightarrow y = z \vee yRz \vee zRy).$$

Здесь аксиома 3' вводится вместо аксиомы 3, поскольку они несовместимы, если отношение R не пусто. Условие 3' обеспечивает ветвление времени в будущее, а условие 4 гарантирует линейность времени в прошлое. Аксиому 3' можно усилить так, чтобы время ветвилось в каждом моменте, если только у этого момента есть будущее.

$$3''. \forall x(\exists u(xRu) \rightarrow \exists y\exists z(xRy \ \& \ xRz \ \& \ y\check{R}z \ \& \ \neg\exists u(xRu \ \& \ uRy \ \& \ uRz))).$$

Конечно, изобразить наглядно ветвление в каждой точке отрезков невозможно, так что постулат 3'' на рисунке не отображен. Вместо этого показано ветвление лишь в одном моменте. Зато линейность в прошлое получила на рисунке адекватное воплощение: двигаясь из любой точки справа налево, мы получим линию с топологией отрезка прямой.

Завершим аксиоматику статического времени, удовлетворив естественное требование *связности* моментов в смысле отсутствия во временной структуре изолированных моментов или интервалов времени.

$$5. \forall x\forall y\exists z(zRx \ \& \ zRy) \vee \exists z\forall x(x \neq z \rightarrow zRx).$$

Левый дизъюнкт утверждает, что у любых двух моментов, как бы далеко они не разошлись в ходе ветвления, есть общее прошлое и время, таким образом, не имеет начала, а правый дизъюнкт учитывает ситуацию, когда имеется общий для всех моментов начальный момент времени, у которого нет прошлого. Каждая из этих двух несовместимых альтернатив исключает существование самостоятельных кусков времени, так что аксиому 5 можно назвать аксиомой связности. Это своего рода связность в отношении прошлого, но не будущего, поскольку из-за ветвления времени мы не можем потребовать, чтобы у любых двух моментов было общее будущее.

Насколько структура с ветвлением в одну сторону и линейностью в другую способна передать подвижные, динамические аспекты времени? На наш взгляд, хотя такая структура обладает более богатыми возможностями для представления темпоральных отношений по сравнению с линейно упорядоченным множеством, в целом она остается полностью статичным образованием, в котором вместо однозначного фиксирования будущих событий столь же однозначно фиксируются будущие альтернативы вместе с соответствующими каждой альтернативе событиями. *Главным признаком статичности*

ми. *Главным признаком статичности модели времени является невозможность указать в ней момент «теперь» или «сейчас».* Что происходит с нашим персонажем в *настоящий* момент времени? Он еще не решил, как быть, или для него уже наступило будущее? А если наступило, то какое? Бесплезно задавать подобного рода вопросы в рамках неподвижных, статических моделей. Течение времени, а вместе с ним разделение моментов и событий на прошлые, настоящие и будущие в них отсутствуют. Но что может быть более фундаментальным для идеи времени, чем категории прошлого, настоящего и будущего, чем представление о его движении и течении? Без этих характеристик время перестает быть временем, превращается в статичное и неизменное во веки веков пространственно подобное образование.

Приведенная система аксиом, очевидным образом, непротиворечива. Поэтому она имеет счетную модель, скажем, составленную из рациональных чисел. По справедливому утверждению С.А.Яновской, данное обстоятельство свидетельствует о том, что феномен движения (течения времени в нашем конкретном случае) уловить не удалось:

«Вместе с тем стоит, вероятно, заметить, что наличие у системы аксиом арифметической интерпретации, отнюдь не связанной непременно с каким-нибудь движением, можно рассматривать как свидетельство о том, что этой аксиоматикой заведомо не выявлена еще сущность движения как такового, как движения, а не как некоторых отношений, определенных для рациональных чисел. В этой связи мне представляется естественным предполагать, что теория движения вообще не может быть конечно аксиоматизируемой теорией и что аксиоматические способы построения теории здесь не по существу»⁸.

Процитированное замечание о неадекватности аксиоматического метода применительно к проблеме движения, как нам представляется, касается самой сути дела.

Еще одной странностью статических моделей времени является свойственная им своеобразная расточительность. Поясним, что имеется в виду. Опыт учит нас, что хороших вещей не бывает слишком много. Их всегда не хватает, их всегда не хватает. Большинство людей вынуждены довольствоваться одним домом, одним местом проживания, одним кругом общения, у них вечно нет денег и т.д. Простое удвоение благ дается с огромным трудом, не говоря уже об их многократном умножении. А некоторые феномены существуют исключительно в одном экземпляре и принципиально не поддаются даже удвоению. Такова, например, индивидуальность каждого из нас. Но посмотрите на стати-

⁸ Яновская С.А. Преодолены ли в современной науке трудности, известные под названием «апории Зенона»? // Проблемы логики. М., 1963. С.136.

ческие модели. В них в каждый момент времени на протяжении жизни человек существует вместе со всем своим достоянием. Если вы обладатель автомобиля, то каждому мгновению этого обладания соответствует свой автомобиль. Именно так, поскольку существование в одни моменты времени в статике *по тину* ничем не отличается от существования в любые другие моменты времени. Есть в универсуме новенький автомобиль в момент покупки, и также есть по автомобилю в любой момент его последующей эксплуатации. Если возразят, что автомобиль на самом деле *один*, но взят в разные моменты времени, то это возражение не состоятельно. В разные моменты времени существует по автомобилю, причем это, вообще говоря, разные объекты (скажем, новый автомобиль и старый), хотя и очень похожие на небольших интервалах времени. Хуже того, каждый из нас растиражирован в таком количестве экземпляров, сколько моментов насчитывает наша жизнь. В буквальном смысле существует наше детство, наша зрелость и наша старость, и в каждом из этих возрастных периодов есть соответствующий индивид, который существует точно в таком же смысле, как и читающий сейчас эти строки.

Мы не в состоянии поверить, что во Вселенной имеется два Солнца, две Земли, две копии каждого из нас и т.п. Но это в пространственной развертке. Что касается бытия во времени, то, влекомые непонятно откуда взявшейся убежденностью, мы уверены в возможности темпорального копирования любого объекта. Человечество буквально преследует идея путешествий во времени. Никто не отправляется в путь, чтобы в некоторой точке пространства встретиться со своим прошлым или будущим. Однако верят, что есть такая точка во времени. Туда трудно попасть, но научился же человек летать! Быть может, когда-нибудь он научится путешествовать по мирам времени... И такое наивное онтологизирование находит полную поддержку в лице парменидовской науки, авторитетно и бездоказательно заявляющей, что прошлое и будущее существуют в таком же смысле, как и воспринимаемое настоящее. А если ни прошлого, ни будущего *нет*, если они *не существуют*? Тогда туда и попасть нельзя не только на практике, но и в теории, и тогда каждая индивидуальность наличествует лишь в единственном экземпляре, или же ее вовсе нет. Это простое соображение просто не приходит в голову умам, привыкшим время осмысливать в терминах пространственных отношений, понимать его как некую совокупность *мест*, в которых, если они близко расположены, существуют мало различимые копии одних и тех же вещей. Смыкаясь, эти места образуют структуры, подобные отрезкам пути. По ним можно путешествовать, как в обычном пространстве. В результате причудливым образом фан-

тазии о машинах времени смыкаются с выводами сложных и абстрактных теорий, допускающих замкнутые временные линии. Только вот вопрос: получаются такие выводы в результате глубокого проникновения в природу времени, или же они являются артефактами, навеянными геометрическими моделями времени?

Концепция статического ветвящегося времени только усугубляет проблему. Если при линейной развертке временного ряда в статике каждый из нас существует во многих экземплярах (по одному на каждый момент времени), то у всех этих экземпляров, по крайней мере, одна судьба. Например, для каждого конкретного человека в таком универсуме имеется одно единственное событие его смерти в некоторый момент времени. Но в ветвящемся статическом универсуме для любого живущего в нем индивида имеются альтернативные даты смерти, которые могут соответствовать существенно различным событиям. Ведь на одной ветви времени он может, скажем, погибнуть в результате аварии, тогда как на другой временной ветви он умрет от старости. Спрашивается, что его ожидает, и чье это будущее? Остается либо сказать, что у него имеется много судеб, либо признать, что наш персонаж «размножается», порождая каждое мгновение нового очень похожего индивида, но со своей судьбой.

В результате парменидовская наука и философия наделяют время странной способностью вмещать в себя огромное множество миров, – по одному миру на каждый момент времени, – в любом из которых имеется надлежащее количество вещества и энергии, происходят соответствующие конкретному моменту времени события, наличествует в полном объеме пространство со всеми своими атрибутами и т.д. Излишне говорить, что все это совершенно бездоказательно. Никаких эмпирических данных, свидетельствующих об этой удивительной способности времени, попросту не существует. Напротив, наш повседневный опыт свидетельствует против темпорального умножения миров, что выражено в принимаемом здравым смыслом утверждении: есть только настоящее, прошлого уже нет, будущего еще нет. Никто и никогда не был в состоянии воспринимать прошлое или будущее так, как воспринимается настоящее. Несмотря на всякого рода домыслы, никаких достоверных данных в пользу обратного нет. Блаженный Августин справедливо обратил внимание на коренное отличие типов восприятия разных частей времени: память для прошлого, внимание для настоящего и ожидание для будущего⁹. Однако принимаемая математика и логика заставляют ученых и философов не верить собственным ощущениям!

⁹ *Августин А.* Цит. соч. Кн.11, XXVIII, 37.

Тем не менее, мы можем осмысленно говорить о моментах прошлого и будущего времени, по-прежнему сопоставляя этим моментам совокупности событий. Точнее, в случае прошлого речь должна идти о совокупностях *следов* событий, а в случае будущего – о совокупностях *возможных* событий. При этом следует помнить, что следы прошлого теряются, а возможности будущего представлены в универсуме лишь фрагментарно. Становление или течение времени с этой точки зрения представляет из себя двойственный процесс разрушения следов прошлых событий и реализации некоторых из имевшихся возможностей вместе с обретением новых возможностей, до того отсутствовавших в универсуме. Поэтому в учитывающей становление динамической концепции времени вместе с изменением совокупностей событий может меняться и множество моментов времени, и их структура¹⁰.

Однако при обсуждении проблем направленности и обратимости времени в этой работе мы абстрагируемся от феномена изменчивости самого времени и ограничимся лишь учетом изменчивости совокупностей событий. Будем считать множество моментов времени и отношение «раньше, чем» на моментах фиксированными, сведя процесс становления к трансформациям совокупностей событий. Это означает, например, что проблема «просуществует ли наш мир до 20005 г.?» обсуждаться не будет. Допустим, моменты времени из соответствующего интервала [20004, 200005) существуют. А вот множество событий этого года S_{20005} мы не считаем завершенным образованием: даже если это множество непусто уже *сейчас*, оно еще будет пополнено в ходе становления новыми неведомыми событиями. Двойственным образом, существование находящегося в прошлом 205 г. и соответствующих ему событий S_{205} не вызывает сомнений. Однако было бы иллюзией полагать, что совокупность S_{205} не претерпела изменений за почти два тысячелетия, прошедшие до настоящего времени. Безусловно, она изменилась в том смысле, что не все события 205 г. оставили следы в настоящем. Но если нет следов событий, то нет и самих событий. Иными словами, множество S_{205} *сейчас* является лишь следовым остатком той безвозвратно утраченной совокупности, которая существовала тогда, когда 205 г. был настоящим.

Таким образом, в данной работе принимается статическая концепция в отношении моментов и динамическая концепция в отношении событий, соответствующих этим моментам. Делается это не по принципиальным основаниям, а в целях упрощения изложения.

¹⁰ Подробнее см.: Анисов А.М. Время и компьютер. Негеометрический образ времени. М., 1991.

3. Направленность и необратимость времени

Мы различаем три проблемы: а) Имеет ли множество моментов времени *направление*? б) Куда *направлено течение* времени? и в) *Обратимо* ли время? После того, как будут объяснены термины «направление времени» и «направление течения времени», понятие «стрела времени» может быть отождествлено с любым из этих двух терминов по выбору читателя. Или можно ввести два типа стрел времени, соответствующих этим терминам. Что же касается понятия «необратимость времени», то оно имеет, как мы увидим, смысл, далёкий от ассоциаций с какими бы то ни было стрелами.



Чтобы проиллюстрировать различие этих вопросов, рассмотрим следующий рисунок. Локомотив изображенного поезда отличается от вагонов, поэтому мы можем различать *направления* от локомотива к вагонам и от вагонов к локомотиву. Если отцепить локомотив, возможность такого различия исчезнет: теперь один конец поезда ничем не отличается от другого. Предположим, что поезд движется. Спрашивается, в какую сторону *направлено движение*: в направлении локомотива или в противоположную сторону, в направлении последнего вагона? Очевидно, что из рассмотрения рисунка определенного ответа дать нельзя, поскольку локомотив может либо тянуть состав, либо толкать его перед собой. Аналогичным образом, если допустить, что удалось выделить два направления времени, – прошлое и будущее, – то это еще не ответ на вопрос о том, течет ли время в направлении от прошлого к будущему, или же от будущего к прошлому. И даже если будут приведены аргументы в пользу одного из двух направлений становления, все еще без ответа останется вопрос об *обратимости* времени. Каждому моменту времени t соответствует совокупность событий S_t , происшедших в момент времени t . Существуют ли хотя бы два момента времени t и t^* такие, что $t \neq t^*$, но $S_t = S_{t^*}$? Если «да», то время обратимо, если «нет», оно необратимо.

Представьте, что двигаясь на поезде в избранном направлении, вы оказались на станции, на которой уже были. Вы, конечно, решите, что поезд сделал длинную петлю и вернулся в однажды покинутое место. Примерно так обычно понимают обратимость времени: время вернулось назад, время замкнулось, сделало петлю и т.п. Но в таком случае (как уже отмечалось) будет утрачен временной порядок и мы потеряем возможность различать «раньше» и «позже». Представьте теперь, что петли нет, поезд движется строго вперед, а оставленная позади станция возникла вновь. Это и будет обращение времени без нарушения временного порядка. Такая ситуация отлична от той, которая возникает,

если поезд изменил направление движения и отправился назад, что иллюстрирует различие между *обращением* времени и *изменением направления* его течения.

В уже упоминавшейся работе С.Д.Хайтуна на самом деле обсуждается только первая из названных проблем – в нашей терминологии, проблема направленности времени, рассматриваемая на материале физической науки. Вопрос о направленности и обратимости *течения* времени не исследуется. Упомянутая книга не исключение – строгое обсуждение проблемы течения времени или становления отсутствует в современной парменидовской науке. Данному обстоятельству есть объяснение. В науке господствует статическая концепция времени, в рамках которой строго можно поставить только вопрос о направленности времени, но не вопрос о направленности его течения и, тем более, не вопрос об обратимости или необратимости становления. Это зачастую приводит к отождествлению вопроса о направленности феномена времени и вопроса об обратимости времени. Точнее говоря, обычно считается, что если удастся выделить направление времени, то тем самым будет показана и его необратимость.

Но что следует понимать под направлением времени? Ответ зависит от наших способов формального представления феномена времени. Вне формальных методов бесполезно искать решение поставленного вопроса. Напомним, что *временем* $T = \langle M, R \rangle$ мы называем произвольное непустое множество моментов M вместе с частичным порядком на нем R , трактуемом как отношение «раньше, чем». Для таких времен или, точнее говоря, моделей времени мы дадим два определения направленности¹¹. Первое основывается только на свойствах самой модели и потому может быть названо абсолютным. Второе определение разрешает учитывать какие-либо свойства, не проистекающие из свойств временного порядка, и в силу этого заслуживает названия относительного.

Пусть L – язык логики предикатов первого порядка, не содержащий никаких нелогических символов, кроме символа бинарного отношения r , и пусть структура $T = \langle M, R \rangle$ является временем. Обозначим через $Th(T)$ множество предложений языка L , истинных в T . Время $T = \langle M, R \rangle$ называется *абсолютно направленным*, если $Th(T) \neq Th(T^*)$, где $T^* = \langle M, R^* \rangle$. Иными словами, время абсолютно направленно, если существуют предложения языка L , которые не являются истинными одновре-

¹¹ Наши определения будут отличаться от принятого в теории множеств определения термина «направленность»: упорядоченное множество называется *направленным*, если $\forall x \forall y \exists z (xRz \ \& \ yRz)$. (Ср. *Куратовский К., Мостовский А.* Теория множеств. М., 1970. С.88.) При таком определении направленным окажется любое множество, упорядоченное по типу множества действительных чисел, что совершенно нежелательно для экспликации идеи о направленности времени.

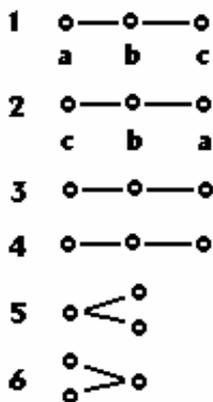
менно и в T , и в T^* . В этом случае структура времени оказывается чувствительной к обращению временного порядка¹².

Возьмем в качестве времени множество действительных чисел R . с обычным отношением линейного порядка $<$ («строго меньше»). Через R^* обозначим то же самое множество действительных чисел, но упорядоченное отношением $<^*$, совпадающим с обычным отношением $>$ («строго больше»). Представляется очевидным, что не существует предложений языка L , различающихся истинностными значениями в R и в R^* , так что $Th(R) = Th(R^*)$ ¹³. В соответствии с определением, множество действительных чисел с естественным порядком на нем ($<$ или $>$ – безразлично) не является абсолютно направленным. Другое дело множество натуральных чисел N со стандартным отношением $<$ и это же множество N^* со стандартным отношением $>$. Как и в предыдущем случае, из $a < b$ следует, что $b > a$ для любых a и b , поэтому вновь отношение $>$ равно отношению $<^*$. Утверждение о существовании наименьшего натурального числа $\exists x \forall y (x \neq y \rightarrow x < y)$ истинно в N , откуда предложение $\exists x \forall y (x \neq y \rightarrow x \text{ г } y)$ языка L также истинно в N . Однако, как легко видеть, утверждение $\exists x \forall y (x \neq y \rightarrow x > y)$ о существовании наибольшего натурального числа, а вместе с ним и предложение $\exists x \forall y (x \neq y \rightarrow x \text{ г } y)$ языка L , ложно в N^* . Зато истинным в N^* будет утверждение $\exists x \forall y (x \neq y \rightarrow y > x)$ и, вместе с ним, предложение $\exists x \forall y (x \neq y \rightarrow y \text{ г } x)$ языка L , которые, двойственным образом, будут ложны в N , поскольку в этой структуре они соответствуют ложному утверждению $\exists x \forall y (x \neq y \rightarrow y < x)$ о существовании наибольшего числа во множестве естественным образом упорядоченных натуральных чисел. Согласно определению, множество N и, значит, также множество N^* являются абсолютно направленными.

Если структура T является конечным линейно упорядоченным множеством, то она, очевидным образом, не будет абсолютно направленной. Однако для задания направления годятся и конечные структуры, если они частично упорядочены, но не линейны. Например, рассмотрим трех элементное множество $M = \{a, b, c\}$, упорядоченное отношением R следующим образом: $R = \{<a, b>, <a, c>\}$. В структуре $T = \langle M, R \rangle$ истинно предложение $\exists x \exists y \exists z (x \text{ г } y \ \& \ x \text{ г } z)$, которое будет ложным в «обратной» структуре $T^* = \langle M, R^* \rangle$. В T^* истинно предложение $\exists x \exists y \exists z (y \text{ г } x \ \& \ z \text{ г } x)$, ложное в T .

¹² Обращение отношения и обратимость времени – это не одно и то же. Как будет показано ниже, наличие направления времени не предопределяет решение проблемы его обратимости.

¹³ Такие системы в логике называют элементарно эквивалентными.



Проиллюстрируем сказанное. Как видно из рисунка, мы можем различить на структурах с номерами 1 и 2 направления от **a** к **c** и от **c** к **a**. Однако если стереть обозначения **a**, **b**, **c**, то эти линейно упорядоченные множества окажутся неразличимыми и, тем самым, утратят направленность, что демонстрируется пунктами 3 и 4. Отсюда мотивировка определения абсолютной направленности: язык L не содержит индивидуальных констант, т.е. собственных имен моментов времени, так что возможность установления направления времени обусловлена только свойствами временного порядка. Пункты 5 и 6 демонстрируют появление направленности в трехэлементных множествах, если они

упорядочены так, как показано на рисунке. Здесь отсутствие собственных имен моментов времени не препятствует различению направлений. Пункты 5 и 6 соответствуют определенным выше трехэлементным структурам T и T^* , так что в итоге метафора о стреле времени получает формальное оправдание со следующим уточнением: для установления направления времени достаточно наконечника стрелы, древко и оперение здесь не обязательны. Соответствие интуитивно-наглядных представлений о свойстве направленности и формального определения этого свойства указывает на то, что проведенное уточнение понятий, по видимому, оказалось удачным.

Данное рассуждение подсказывает, как обобщить понятие абсолютной направленности и подойти к определению свойства относительной направленности с сохранением основной идеи – использовать для этого теоретико-модельные понятия. Пусть L – язык логики предикатов первого порядка, содержащий символ бинарного отношения g , а также, возможно, другие нелогические символы отношений и (или) индивидуальных констант¹⁴, и пусть структура $T = \langle M, R \rangle$ является временем. Рассмотрим структуру вида $S = \langle U, R, P_1, P_2, \dots, P_n \rangle$ для языка L (где элементы P_1, P_2, \dots, P_n могут отсутствовать, но в противном случае являются отношениями произвольной местности на U) такую, что $M \subset U$ и g интерпретируется отношением R . Структура S называется *абсолютно направленной*, если ее подструктура $T = \langle M, R \rangle$ является абсолютно направленной. Обозначим через $Th(S, J)$ множество предложений языка L , истинных в S при некоторой фиксированной интерпретации J .

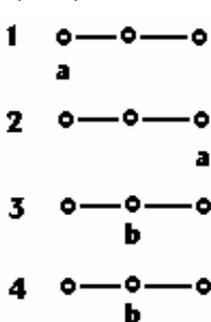
¹⁴ Мы здесь не упоминаем о функциональных константах, что не ведет к потере общности, поскольку всякую n -местную функцию можно заменить соответствующим $n+1$ -местным отношением.

Структура S при интерпретации J называется *относительно направленной*, если ее подструктура $T = \langle M, R \rangle$ не является абсолютно направленной, и $\text{Th}(S, J) \neq \text{Th}(S^*, J^*)$, где S^* и J^* получаются заменой всех имеющихся в S и в области значений J бинарных отношений на обратные.

Таким образом, ни одна абсолютно направленная структура не является относительно направленной, и сужение относительно направленной структуры S до множества M и отношения R не может превратить ее в абсолютно направленную. Разумеется, имеются содержащие время структуры, не являющиеся направленными ни в одном из двух определенных смыслов. Как мы видели, для того, чтобы задать абсолютно направленную структуру, достаточно трех элементов, и это число, очевидным образом, не может быть меньше. Однако относительную направленность можно определить и на двух элементном множестве (вновь очевидно, что и это число нельзя уменьшить, поскольку бессмысленно говорить о направленности одноэлементного множества), как показывает следующий простой пример.

Положим $S = \langle \{a, b\}, R \rangle$, где $R = \{ \langle a, b \rangle \}$, и алфавит $L = \{ \text{логические и технические символы, } r, c \}$, где r символ бинарного отношения и c – индивидуальная константа. Пусть, далее, $J(r) = R$ и $J(c) = a$. Ясно, что двух моментное время $T = \langle \{a, b\}, R \rangle$ не является абсолютно направленным. Однако структура S при J оказывается относительно направленной: в S истинно утверждение $\exists x(c \ r \ x)$, ложное в $S^* = \langle \{a, b\}, R^* \rangle$ при J^* , поскольку $J^*(r) = R^* = \{ \langle b, a \rangle \}$ и $J^*(c) = J^*(c) = a$.

Наличие свойства относительной направленности зависит, вообще говоря, от выбора интерпретации J . В самом деле, формализуем ситуацию, изображенную в первых двух пунктах рассмотренного выше рисунка. Пусть язык L тот же самый, что и в предыдущем примере, а $S = \langle \{a, b, c\}, R \rangle$, где $R = \{ \langle a, b \rangle, \langle b, c \rangle, \langle a, c \rangle \}$. Определим две различные



функции интерпретации J_a и J_b : $J_a(r) = J_b(r) = R$, $J_a(c) = a$, $J_b(c) = b$. Вновь предложение $\exists x(c \ r \ x)$ истинно в S при J_a и ложно в S^* при J_a^* . Но, как легко видеть, не существует утверждения языка L , которое позволило бы отличить S при J_b от S^* при J_b^* . Действительно, элемент b не меняет своего положения в структуре при замене отношения R обратным отношением $R^* = \{ \langle c, b \rangle, \langle b, a \rangle, \langle c, a \rangle \}$, в отличие от ситуации с элементом a . Таким образом, структура S при J_a относительно направлена, а при J_b – нет, что и требовалось показать. Все это наглядно видно на очередном рисунке. В пунктах 1 и 2 зафиксирована

смена направлений множества моментов относительно выделенного элемента **a**, что иллюстрирует интерпретацию J_a . В свою очередь, пункты 3 и 4 соответствуют интерпретации J_b , которая не меняет положения элемента **b** в структуре, так что по отношению к этому элементу установить направленность невозможно.

Различие, соответствующее абсолютной и относительной направленности в нашей терминологии, фактически было намечено еще Г.Рейхенбахом в его классической работе «Направление времени»¹⁵. В частности, он упоминает о возможности выделения направления с использованием имен. Однако общих и точных определений направленности (в отличие от определения упорядоченности) Г.Рейхенбах (как и другие известные нам авторы, пишущие по проблеме времени) не дает, ограничиваясь примерами. Нам же казалось важным дать именно общие определения разновидностей свойства направленности упорядоченных структур с ориентацией на моделирование феномена времени.

Разумеется, время в рассмотренных выше аксиоматических системах, структурах и рисунках никуда не течет. Чтобы двигаться дальше, необходимо выйти за рамки аксиоматического метода, дополнив его средствами, способными моделировать течение времени. Для нас такими средствами будут *компьютерные программы*, позволяющие различать конечный или промежуточный *результат* работы программы и реальную последовательность шагов или *процесс*, который привел к искомому результату. Чтобы давать точные определения, необходимо зафиксировать синтаксис и семантику языка, на котором пишутся моделирующие становление программы. Такой язык, специально ориентированный на моделирование течения времени, нами построен¹⁶, однако, во избежание резкого усложнения анализа, ограничимся на этом этапе неформальным рассмотрением проблем направленности и обратимости течения времени. Рассмотрим следующие две программы на Паскале, трактуя их реализацию как порождение последовательности моментов очень простого модельного времени.

¹⁵ Рейхенбах Г. Направление времени. М., 1962. С.43-44.

¹⁶ Анисов А.М. Абстрактная вычислимость и язык программирования АВТ. //Логические исследования. Вып. 3. М., 1995. С.233-256.

```

uses Crt;
    var c, s : string;
        k    : char;
begin
    s:=' ';
    c:='—';
    k:=' ';
    writeln('Очередной момент порождается нажатием пробела');
    repeat until k=ReadKey;
    Insert(c,s,1); write(s); repeat until k=ReadKey;
    Insert(c,s,1); write(s); repeat until k=ReadKey;
    Insert(c,s,1); write(s); repeat until k=ReadKey;
    writeln;
    writeln;
    writeln('Работа программы завершена');
end.

```

```

uses Crt;
    var c, s : string;
        k    : char;
begin
    s:='———';
    c:='—';
    k:=' ';
    writeln('Очередной момент порождается нажатием пробела');
    repeat until k=ReadKey;
    write(s); repeat until k=ReadKey; write(#13);
    Insert(k,s,1); Insert(c,s,1); Insert(c,s,1);
    write(s); repeat until k=ReadKey; write(#13);
    Insert(k,s,1); Insert(c,s,1);
    write(s); repeat until k=ReadKey; write(#13);
    writeln;
    writeln;
    writeln('Работа программы завершена');
end.

```

Если выполнить первую программу, то в результате на экране получим направленную (относительно длины отрезков) последовательность моментов — — — — — . Выполнив вторую программу, также получим ту же самую последовательность моментов — — — — — . Однако первая программа порождает сначала момент — , затем момент — — — — — и, наконец, момент — — — — — , тогда как вторая на первом шаге порождает момент — — — — — , затем момент — — — — — и только на последнем шаге момент — — — — — . Иначе говоря, множества моментов, получаемые в ходе работы обеих программ, совпадают. Но время в этих простых модельных примерах *течет по-разному*: в первом случае от более коротких отрезков к более длинным, а во втором – от более длинных к

более коротким. *Никакими аксиоматическими, геометрическими, функциональными, теоретико-множественными или иными статическими методами классической математики уловить течение времени невозможно.* Сделанное утверждение имеет принципиальное значение, поэтому для правильного понимания дальнейшего желательно тщательно разобраться в деталях, так как без них легко упустить суть дела.

Вначале попробуем опровергнуть выдвинутый тезис. Первое, что напрашивается – это оборачивание рассматриваемых рядов. Работу первой программы представим рядом — — — — — , а итоги работы второй рядом — — — — — , не обращая сейчас внимание на то, что эти программы в действительности рисуют одинаковые ряды. Не сведен ли тем самым вопрос о направлении течения времени к вопросу о направленности соответствующих геометрических рядов?

Но сколько бы мы не всматривались в ряд — — — — — , невозможно определить, текло ли время в направлении от более коротких отрезков к более длинным или наоборот. Аналогичным образом, ряд — — — — — информацию такого рода дать не в состоянии. Если скажут, что в первом случае течение направлено от короткого к длинному, а во втором случае от длинного к короткому, то на чем мог бы основываться такой вывод? Откуда известно, например, что в первом случае первым порожден короткий момент, а последним длинный? Убежденность воображаемого оппонента обусловлена, во-первых, *памятью* о соответствующих компьютерных программах и, во-вторых, привычкой читать текст *слева направо*. Но если забыть о программах и культурных предпочтениях, то становится очевидным, что определенного ответа на поставленный вопрос дать нельзя. Переведем данный абзац на арабский, и тогда знающий арабский язык человек, к тому же не имеющий информации (тем самым, *памяти*) об особенностях вышеприведенных программ, прочтет текст *справа налево*. При таком прочтении первым в первом ряду окажется более длинный отрезок (если, конечно, переводчик на арабский не привнесет в перевод свое видение ситуации и не перевернет соответствующие ряды вместо того, чтобы перенести их в арабский текст неизменными). При любом варианте проблема определения направления течения времени не должна зависеть от особенностей разных культур.

Заостряя нашу позицию в отношении отстаивания независимости направления течения времени от культурных привычек, допустим, что нечетные строки читаются слева направо, а четные – справа налево. Тогда в предыдущем абзаце в первой строке первым будет короткий отрезок, но и в четвертой строке первым также будет короткий отрезок. Короче говоря, возможность задать направление на множестве моментов никоим образом не предопределяет направление течения времени.

В нашем мире сколько угодно направленных структур, которые никуда не собираются течь или двигаться. Дорожные указатели, например, отнюдь не следует в том направлении, которое указывают. Точно также наличие направления времени оставляет без ответа не только вопрос, куда течет время, но и вопрос о том, течет ли оно вообще.

С другой стороны, если направление времени отсутствует, то вопрос о направлении его течения становится бессмысленным. Чтобы надеяться получить ответ, куда течет время, – от прошлого к будущему или от будущего к прошлому, – надо вначале определить, какие моменты времени находятся в прошлом, а какие в будущем. Модифицируем вышеприведенные программы так, чтобы они порождали отрезки одинаковой длины. В этом случае, очевидным образом, мы будем лишены возможности сказать что-либо осмысленное о том, в каком направлении течет модельное время, в частности, не сможем определить, совпадают ли направления течения времени, порождаемого первой и второй программы.

Чтобы попытаться избежать сложностей, нельзя ли просто *договориться* о направлении течения времени? Могут ведь сказать, что достаточно условиться о выборе. Условимся, например, что ход течения времени будет выражаться рассмотрением рядов слева направо (разумеется, можно принять по соглашению и рассмотрение рядов справа налево). Но это все равно, как если бы кто-то предложил продавцу вместо настоящих денег кусок простой бумажки, предлагая условно считать его деньгами, или если бы договорились считать дорожные указатели подвижными. Договориться можно о чем угодно, но нашей проблемы это не решит. Конвенция, отождествляющая произвольно выбранное направление времени с направлением его течения именно потому не годится, что направление времени не предопределяет ни направления его течения, ни наличия самого феномена течения времени.

Наше исследование посвящено характеристическим качественным свойствам времени, таким как упорядоченность, направленность, необратимость и т.д. Обычно работы по вопросам такого рода исходят из осмысления результатов физической науки. При этом главную проблему видят не в том, чтобы найти примеры упорядоченных и направленных структур, а в том, чтобы обнаружить такие структуры в физике. В уже упоминавшемся труде Г.Рейхенбаха указывается, что определение направления на числовых множествах «не может оказать нам помощи в случае с временными точками», ибо «мы обозначаем числами временные точки лишь после того, как определили направление времени»¹⁷. Спрашивается, каким образом можно определить направление времени, если запретить пользоваться числовыми и другими математическими структурами? А если нель-

¹⁷ Цит. соч. С.44.

зя пользоваться только числами, то какими математическими объектами пользоваться можно? Видимо, отсутствие ответов на эти недоуменные вопросы связано с доктриной, согласно которой логико-математическое знание ничего не говорит нам о мире и лишь эмпирический опыт способен привести к решению проблемы направленности времени.

Но эмпирический опыт однозначно свидетельствует о наличии у времени направления¹⁸, о том, что время течет по направлению к будущему (но не наоборот), что ход времени необратим, и т.п. Поэтому проблема как раз в том, чтобы найти такие логико-математические структуры, которые моделировали бы эти свойства времени. Возникающие здесь трудности имеют теоретический характер и не могут быть разрешены ссылкой на опыт и данные экспериментов. Допустим, что физика как-то определила направление времени в предположении, что множество моментов времени упорядочено бинарным отношением R «раньше, чем» (если кто-либо попытается обойти это предположение, то пусть попробует для начала написать историю своей жизни, где не будет «раньше» и «позже»). Но как только появится R , принимаемая нами математика тут же позволит образовать конверсию этого отношения R^* , соответствующего другому направлению времени.

В физике в этой связи выражают беспокойство по поводу того, что физические законы остаются таковыми, если время t в них заменить на $-t$. Такая замена является частным случаем операции конверсии бинарного отношения R , когда моменты времени отождествляются с числами, имеющими знак. А что, если запретить использовать либо «минус», либо «плюс», превратив группу чисел в две подгруппы по вычитанию и по сложению соответственно? Затем остается выбрать из двух подгрупп одну, отображающую единственное направление времени. Тогда дело в шляпе и проблема выбора направления времени решена. Фактически, именно такой путь был предложен И.Пригожиным¹⁹. Подчеркнем, что суть дела именно в том, что появление одного направления времени, как бы оно не определялось, тут же порождает другое направление, являющееся конверсией первого. И никакими формальными методами отделить «правильное» направление от «неправильного» не представляется возможным в рамках классической теоретико-множественной математики. Это можно сделать только сославшись на *опыт*. Поэтому сколько бы физики не исследовали проблему направленности времени, коль скоро они пользуются классической математикой, то либо они *заранее* примут

¹⁸ Р. Пенроуз выделяет 7 различных (предположительно, независимых) стрел времени. См.: Пенроуз Р. Сингулярности и асимметрия по времени. //Общая теория относительности. М., 1983. С.234.

¹⁹ Пригожин И. От существующего к возникающему.

тезис о наличии выделенного направления времени исходя из опыта, либо будут вынуждены столкнуться с двумя *равноправными* направлениями в своих теоретических конструкциях.

Таким образом, если время является отношением бинарного порядка на моментах и если используется классическая теоретико-множественная математика, проблема выбора единственного направления времени, или, по терминологии Г.Рейхенбаха, проблема *однонаправленности*²⁰, является теоретически неразрешимой, хотя и легко разрешается со ссылкой на опыт. Теоретическая неразрешимость проблемы однонаправленности времени косвенно подтверждается двумя фактами. Во-первых, наблюдается удручающая разногласия несовместимых позиций и мнений по обсуждаемому вопросу. Во-вторых, что еще хуже, разговоры о направлении времени, его обратимости или необратимости, о наличии различных стрел времени и т.п. носят крайне запутанный характер, совершенно неуместный в науке²¹.

К сожалению, проблема однозначного определения *направления течения* направленного времени на сегодняшний день также выглядит неразрешимой. Если мы сконструировали процесс, моделирующий течение времени в направлении от прошлого к будущему (т.е. в направлении, совпадающим со свидетельствами опыта), то не видно никаких причин, чтобы мы не смогли бы описать процесс, текущий в противоположном направлении от будущего к прошлому. Приведенные выше программы показывают, что имеется в виду. Если направлением к будущему является переход от более коротких отрезков к более длинным, то легко организовать противоположно направленный процесс от более длинных к более коротким отрезкам. Конечно, процессы, представленные этими программами, предельно просты. Но, подумав, следует согласиться с тем, что любому сколь угодно сложному процессу движения в одном направлении можно (пусть с преодолением некоторых технических сложностей) сопоставить аналогичный процесс, текущий в противоположном направлении. Так, реальное время, как говорит нам наше чувство времени, течет в направлении к 20005 г. Если мы дадим описание этого течения имеющимися средствами языков программирования, промоделировав его выполнением соответствующих программ, то нет оснований сомневаться, что можно написать программы, аналогичные по сложности и учету разнообразных факторов, но в которых время течет в противоположном направлении, скажем, к 205 г.

Видимо (хотя здесь не все ясно), направленность времени и направление его течения тесно связаны, и если отсутствуют запреты на кон-

²⁰ Цит. соч. С.159.

²¹ Упомянутая книга С.Д.Хайтуна, в которой дается обзор существующих подходов к проблеме, является хорошей иллюстрацией к сказанному.

версию любых бинарных отношений, то таких запретов нет и для конверсии направлений процессов. Разумеется, запреты можно ввести волевым образом: не разрешать пользоваться операцией перехода от t к $-t$, запретить конверсию конкретного отношения R или какого-либо процесса, – в любом случае подобные действия неправомерны, поскольку постулируют наличие решений задач, которые на самом деле не решены. Нам неизвестны аргументы, делающие невозможным перенаправление течения времени от будущего к прошлому. Эмпирический опыт, свидетельствующий о том, что время течет от прошлого к будущему, не помощник в поиске логических оснований такого положения вещей. А если оно не фундаментальное свойство природы мира, а его случайная черта? Даже наличие направления времени и течения времени не гарантирует еще, что время течет в определенном направлении. Логически допустимо, что то один или несколько шагов становления направлены к будущему, то один или несколько шагов к прошлому и т.д., так что вообще невозможно выделить определенное глобальное направление течения времени, и тогда на вопрос, течет ли оно в направлении будущего или в направлении прошлого, невозможно дать правильный ответ применительно ко всему процессу становления в целом.

Осталось рассмотреть проблему обратимости времени в предположении, что время абсолютно или относительно направлено и что оно течет. Как было оговорено выше, течение времени не затрагивает структуру моментов и захватывает только множества событий. При этом на каждом шаге становления с совокупностью событий S_t , соответствующей моменту времени t , могут происходить изменения двоякого рода: либо это множество утратит некоторые события, либо будет пополнено новыми событиями. Исчезновение событий указывает на переход в прошлое, появление событий – на приближение будущего.

Нам понадобится еще одно условие. Процесс исчезновения и появления событий должен носить *логически не детерминированный* характер. Это означает, во-первых, что для каждого прошлого или будущего момента времени t существуют высказывания типа «Событие s произошло в момент t » или «Событие s произойдет в момент t », которые не являются ни истинными, ни ложными, а принимают третье *неопределенное* истинностное значение²². Обычно полагают, что неопределенность возникает лишь в отношении будущих случайных событий (вспомним знаменитое «завтрашнее морское сражение» Аристотеля), тогда как все высказывания о прошлом либо истинны, либо ложны. В нашем варианте динамической концепции времени высказывания о случайных событиях прошлого

²² Подробнее см.: Анисов А.М. Семантика неопределенности. //Логические исследования. Вып.4. М., 1997. С.271-289.

также могут оказаться неопределенными, и чем дальше в прошлое или в будущее, тем таких высказываний больше. Во-вторых, в рассматриваемом динамическом универсуме *не существует* класса S всех возможных событий. В частности, мы можем говорить о возможных событиях ближайшего и отдаленного будущего, но у нас нет способа образовать совокупность *всех* возможных событий будущего.

С учетом сделанных предположений рассмотрим проблему обратимости времени как проблему существования моментов t и t^* таких, что $t \neq t^*$, но $S_t = S_{t^*}$. Такую обратимость было бы несложно организовать, зафиксировав множество S всех возможных событий и потребовав, чтобы число шагов становления было больше, чем мощность множества всех подмножеств S . Например, если число всевозможных событий конечно, а число шагов становления неограниченно, рано или поздно обращение произойдет. Но, по условию, множество S не существует. Далее, из неравенства моментов времени t и t^* вытекает, что по крайней мере один из них не является моментом настоящего, а является моментом либо прошлого, либо будущего и, стало быть, в отношении некоторых событий, случившихся в этот момент, имеется неопределенность. Пусть, например, высказывание $s \in S_t$ неопределенно. Тогда, каково бы ни было множество S_{t^*} , высказывание $S_t = S_{t^*}$ либо ложно, либо неопределенно.

В самом деле, в соответствии с принципом экстенциональности теории множеств $S_t = S_{t^*}$ если и только если $\forall x(x \in S_t \leftrightarrow x \in S_{t^*})$. Если $\exists x((x \in S_t \& x \notin S_{t^*}) \vee (x \notin S_t \& x \in S_{t^*}))$ истинно (т.е. если есть событие, случившееся в момент t , но не случившееся в момент t^* или наоборот), то $S_t = S_{t^*}$ ложно. Например, совокупности событий S_{205} и S_{2005} , безусловно, различны, и вообще все известные нам совокупности реальных разновременных событий различны. Если же утверждение $\exists x((x \in S_t \& x \notin S_{t^*}) \vee (x \notin S_t \& x \in S_{t^*}))$ не является истинным, то это не означает, что равенство $S_t = S_{t^*}$ имеет место, поскольку для S_t возможно (в прошлом или в будущем – все равно) как $s \in S_t$, так и $s \notin S_t$. В этих условиях мы не можем с однозначностью утверждать ни того, что $S_t = S_{t^*}$, ни того, что $S_t \neq S_{t^*}$ – безотносительно к тому, о прошлом или о будущем совокупностей S_t и S_{t^*} идет речь. Получается, что ложность утверждения о равенстве вида $S_t = S_{t^*}$ можно продемонстрировать тривиальным образом, а вот его истинность (при $t \neq t^*$) невозможна.

Остается еще возможность повторного возвращения в тоже самый момент t в результате изменения на противоположное направления течения времени. В таком случае имеются две ситуации $A=\{t, \alpha\}$ $B=\{t, \beta\}$, где α и β временные метки и $\alpha \neq \beta$, каждой из которых соответствуют две совокупности событий S_A и S_B , причем одна из них не есть совокупность событий настоящего. Тем самым только что высказанные аргу-

менты оказываются вновь применимыми. Чтобы не менять обозначений, положим $S_A = S_t$ и $S_B = S_{t^*}$.

Высказанные соображения приводят нас к следующим уточнениям проблемы обратимости времени. Время является *обратимым в сильном смысле*, если высказывание $\exists t \exists t^*(t \neq t^* \ \& \ S_t = S_{t^*})$ истинно. Назовем время *обратимым в слабом смысле*, если высказывание $\exists t \exists t^*(t \neq t^* \ \& \ S_t = S_{t^*})$ не является ложным. Разумеется, обратимость в сильном смысле влечет обратимость в слабом смысле, но не наоборот. Как было показано, время не является обратимым в сильном смысле, но оно обратимо в слабом смысле. С логической точки зрения исключить возможность того, что события настоящего точь-в-точь повторили события далекого прошлого нельзя, как нельзя исключить возможность того, что события настоящего когда-либо целиком повторятся в грядущем. Однако упомянутая возможность – особого рода. *Она никогда не сможет превратиться в действительность*. В противном случае потребовалось бы в условиях логически недетерминированного становления обеспечить истинность высказывания $\exists t \exists t^*(t \neq t^* \ \& \ S_t = S_{t^*})$, а это никому не по силам.

В фантастическом романе Р.Шекли главный герой возвращается из Искривленного Мира на Землю. Его гложут сомнения, в тот ли мир он вернулся, он тщетно ищет детали, которые позволили бы отличить прошлую Землю от нынешней. Но все было знакомо и привычно: дубы-гиганты по-прежнему перекочевывали каждый год на юг, солнце плыло по небу в сопровождении темного спутника, отец пас крысиные стада... И герой постепенно успокаивается²³. Эмпирически иллюзия возвращения полная. Но логические сомнения неустранимы. А что, если новый мир все-таки чем-то отличается от прежнего?

Итак, всегда имеется возможность изменения направления времени и перенаправления его течения, однако обратимость времени в сильном смысле невозможна, если процесс становления не детерминирован. Могут подумать, что различия в выводах объясняются тем, что направленность связывалась фиксированной структурой моментов, тогда как свойство обратимости рассматривалось по отношению к недетерминированно меняющимся совокупностям событий. Однако это не так. Даже если структура моментов тоже будет испытывать недетерминированное становление, перенаправление времени и его течения все равно возможно, коль скоро сохраняется различие между направлениями от прошлого к будущему и от будущего к прошлому. Но обратимости (в сильном смысле) как удостоверяемого возврата к уже существовавшей структуре моментов вновь не будет, поскольку информация о ранее реализованных структурах безвозвратно исчезает в ходе становления.

²³ Шекли Р. Рассказы, повести. М., 1968. С.325-326.