

**Г. Дж. САРИЕВ**

**ПРИНЦИП**

**ОГРАНИЧЕНИЯ**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора .....	5
<b><i>Часть I. Принципиальная стохастичность</i></b> .....	7
Глава 1. <b>Проблема</b> .....	9
Стохастическая природа квантово-механических событий.....	10
Поиски скрытых параметров .....	12
Двойственная оценка квантовой теории.....	18
Идея принципиальной стохастичности и «научный здравый смысл».....	21
Проблема.....	26
Глава 2. <b>Классический детерминизм</b> .....	30
Концепция лапласовского детерминизма.....	31
Случайность и вероятность. Дж. С. Милль .....	33
Случайность и вероятность. Ог. Курно.....	37
Концепция лапласовского детерминизма (продолжение).....	43
Множественность причин. Дж. С. Милль.....	47
Множественность причин. В. Минто.....	51
Множественность причин. А.А. Чупров.....	54
Выводы .....	64
Глава 3. <b>Принципиальная стохастичность</b> .....	67
Понятие неоднозначности.....	67
Неоднозначность в микромире.....	71
Идея стохастичности в кибернетике .....	75
Типы детерминации. Принципиальная стохастичность.....	87

Глава 4. <b>Интерпретации принципиально стохастических явлений</b> ...	99
Первый тип интерпретации — гносеологический .....	100
Второй тип интерпретации — промежуточный.....	104
Третий тип интерпретации — онтологический.....	116
Выводы.....	119
Глава 5. <b>Закон достаточного основания</b> .....	121
Двойственность «великого начала» Г.В. Лейбница.....	122
Логический закон достаточного основания.....	123
Онтологический закон достаточного основания.....	127
Закон достаточного основания и принципиальная стохастичность .....	135
Выводы.....	139
<b><i>Часть II Принцип ограничения</i></b> .....	141
Глава 6. <b>Принцип ограничения</b> .....	143
Основные посылки.....	146
Два типа законов .....	151
Хаос и порядок.....	153
Запреты.....	161
Глава 7. <b>Принцип ограничения (продолжение)</b> .....	168
Основания событий .....	169
Невозможные события .....	181
Взаимодействие .....	186
Принципиальная стохастичность .....	194
Резюме .....	194
Литература.....	202

**Каждое высказанное мною суждение надо понимать не как утверждение, а как вопрос.**

**НИЛЬС БОР**

---

*МОЕЙ ДОЧЕРИ ЛАЛЕ ПОСВЯЩАЮ***От автора**

Данная книга представляет собой попытку дать нетрадиционную интерпретацию неоднозначного поведения единичных объектов. Стимулом для работы над этой проблемой послужило то чувство неудовлетворенности, которое возникло у автора, когда он, работая над построением концептуального аппарата для описания многоуровневых систем и их эволюции, занялся более пристальным изучением существующих интерпретаций принципиально стохастических процессов. Довольно скоро автор пришел к выводу, что не только ни одна из предлагаемых (и известных автору) интерпретаций не достигает полностью своей цели, но, более того, цель и не может быть достигнута, если мы не откажемся от естественного для нашего мышления классического принципа достаточного основания.

В книге предпринята попытка наметить контуры стиля мышления, свободного от поисков достаточного основания (для происходящих событий)<sup>1</sup>. В основе такого способа мышления лежит предлагаемый автором принцип ограничения (разнообразия событий). Мы не полагаем, что предложенное здесь решение наилучшее — мы лишь хотим, чтобы наилучшее решение было найдено.

С фактом фундаментальной неоднозначности наука встретила в микромире. Поэтому не удивительно, что в этой книге все естественнонаучные данные принадлежат современной физике. Однако это не означает, что методологическое значение развиваемых в книге идей ограничивается рамками одной только физики. Мы

<sup>1</sup> К сожалению, из-за ограниченности объема книги изложение в ряде случаев носит несколько тезисный характер — это касается прежде всего некоторых разделов второй части.

полагаем, что оно гораздо шире, и то, что это так, в какой-то мере подтверждается (по крайней мере для самого автора) тем обстоятельством, что первоначально идея принципа ограничения возникла в процессе работы автора над методологическими проблемами биологической теории эволюции, и в частности, теории естественного отбора.

Пользуясь случаем, автор выражает свою искреннюю признательность всем тем, кто способствовал выходу в свет этой книги.

*Часть I***Принципиальная стохастичность**

**Один философ сказал: «Для самого существования науки совершенно необходимо, чтобы в одних и тех же условиях всегда получались одни и те же результаты». Так вот, этого не получается.**

**РИЧАРД ФЕЙНМАН.**

## *Глава 1*

### ПРОБЛЕМА

1.1. С развитием квантовой механики в методологию науки вошла совершенно новая проблема. В общем виде она занимала умы на протяжении всей истории культуры и ставилась как проблема детерминизма, или причинности<sup>1</sup>. Однако после первой четверти нашего столетия в рамках данной общей проблемы возникла совершенно новая и даже необычная идея, сразу же сделавшая всю проблему чрезвычайно актуальной и дискутируемой. Мы имеем в виду идею *принципиальной стохастичности, отнесенной к поведению единичного объекта*. Благодаря ей проблема детерминизма оказалась в ряду тех немногих «вечных» проблем, которые продолжают и по сей день оставаться в центре внимания методологов.

В этой книге мы не будем останавливаться ни на истории этой идеи, ни на дискуссиях, ведущихся вокруг нее. На эту тему написано достаточно много, и делать

<sup>1</sup> Параллельное употребление этих двух понятий служит основой для многих недоразумений. Одни авторы отождествляют их, в то время как другие рассматривают одно из них как более общее, причем для разных авторов таковым является то понятие причинности, то детерминизма. По этой причине те, кто отвергает детерминизм, не отождествляя его при этом с причинностью, подвергаются критике за отрицание причинности со стороны тех авторов, для которых эти два понятия тождественны. В этой связи характерны слова Макса Борна, которые мы читаем в «Натуральной философии причины и случая»: «В физике, — пишет Борн, — устраняется не причинность, понимаемая должным образом, а лишь традиционная интерпретация, отождествляющая ее с детерминизмом» (Борн, 1973, с. 150).

---

еще один обзор было бы, по крайней мере, излишне. Мы сконцентрируем наше внимание на другом, а именно на том, как осмысливается в существующей литературе само понятие *принципиальной* стохастичности и в чем видится его *принципиальное* отличие от классического понятия (*непринципиальной*) стохастичности (такого, который используется, например, в статистической механике).

### **Стохастическая природа квантово-механических событий**

**1.2.** Большинство физиков выражает глубокую уверенность в том, что именно концепция вероятностной причинности<sup>1</sup> соответствует наблюдаемым фактам, являясь более глубоким способом понимания мира. Некоторые из них, как например, Вольфганг Паули, полагают даже, что принятие идеи принципиальной стохастичности составляет философское лицо эпохи и что она определит в течение по крайней мере нескольких столетий стиль научных законов. Макс Борн, впервые давший квантовой механике статистическую интерпретацию, идет настолько далеко, что называет классический детерминизм фантастическим романом, которым, по его признанию, он сам долго восхищался, пока не понял, что эта концепция не отражает действительность; при этом, говорит Борн, он отдает себе отчет в том, что такие выдающиеся исследователи, как Макс Планк и Альберт Эйнштейн

<sup>1</sup> Поскольку не существует установившегося способа для обозначения той новой идеи, о которой здесь идет речь, и для этой цели равно используются понятия неоднозначного детерминизма, вероятностной причинности, фундаментальной статистичности и т.д., то в этой книге мы преимущественно будем употреблять такое нейтральное понятие, как *принципиальная стохастичность*, которое, являясь фактически синонимом используемых в литературе понятий, в то же время свободно от того смыслового поля, которое затуманивает существо идеи. Впрочем, из стилистических соображений мы иногда будем пользоваться и синонимами.

придерживались именно идеи классического детерминизма. (Борн, 1963, с. 426).

Джон фон Нейман, трудами которого квантовая теория приобрела значительную строгость, писал, что утверждения концепции классического детерминизма (или, как он выражался, причинности) оказалось возможным испытать лишь при изучении атомных явлений, самых элементарных процессов, и здесь, как он полагает, все говорит против этой концепции. Не существует, считает фон Нейман, ни повода, ни извинения для разговоров о причинности в природе. Нет такого опыта, утверждает он, который поддерживал бы классическую причинность, поскольку макроскопические опыты для этой цели принципиально не пригодны, «а единственная известная теория, которая совместима с совокупностью наших знаний относительно элементарных процессов — квантовая механика — ей противоречит» (Нейман, 1964, с. 243 — 244).

Эти слова были написаны в конце 20-х годов, однако с тех пор для большинства физиков мало что в этом вопросе изменилось. Быть может только более энергично стала отстаиваться та же идея. Вот что пишет, например, В.А. Фок: «Навязывать природе именно детерминистскую форму закономерностей, отказываясь, наперекор очевидности, признать более общую вероятностную их форму — значит исходить из каких-то догматов, а не свойств самой природы» (Фок, 1959, с. 341). Еще более экспрессивно, правда, в частном письме к М. Борну, высказывается по этому поводу В. Паули, который усилия некоторых физиков, таких как Ирвинг Шредингер, Давид Бом, а в некотором смысле также и Эйнштейна, направленных на поиски причинной (в классическом смысле) интерпретации квантовой механики, расценивает как реакционные, а более безобидные мечты о возвращении к классическому детерминизму — стилю Ньютона-Максвелла — воспринимает как признак плохого вкуса, а сами эти мечты — некрасивыми (Борн, 1966, с. 266).

### Поиски скрытых параметров

**1.3.** Однако, несмотря на столь глубокую убежденность многих выдающихся физиков, идея принципиальной стохастичности фундаментальных законов природы не получила окончательного признания. Надежда обнаружить за всяким, имеющим статистический характер, законом элементарный закон динамического характера продолжала жить в науке.

Начиная с 50-х годов группа физиков, вдохновляемая Луи де Бройлем, приступила к активному построению квантовой механики на манер классической теории. Логика этих разработок должна быть, по-видимому, ясна. Цель всех подобных построений состоит прежде всего в том, чтобы «однозначно детерминировать» статистический характер законов квантовой физики и, тем самым, с классических позиций объяснить, почему они дают только вероятностную картину поведения и предсказывают результаты эксперимента (в общем случае) только статистически. Для этого вполне естественно (и, может быть, даже необходимо) было предположить, что в детерминации атомных явлений участвуют некоторые такие параметры (внутренние маховички, по выражению Ричарда Фейнмана), которые до сих пор оказывались вне наблюдения. Допустив это, мы тем самым восстанавливаем в правах классический детерминизм.

И в самом деле, в ряде работ (Бом, 1955; Вижье, 1955; Яноши, 1955; Вессель, 1955; де Бройль, 1955 и др.) была предпринята попытка ввести в существующую квантовую теорию подобные, скрытые от наблюдения, параметры. Наиболее продуктивными среди них были усилия Д. Бома, которому удалось свою интерпретацию разработать достаточно детально. Однако эти попытки столкнулись с рядом принципиальных трудностей.

---

Еще в начале 30-х годов Джон фон Нейман показал, что ввести скрытые параметры в квантовую теорию без фундаментальных изменений последней заведомо невозможно. И при этом, писал фон Нейман, дело вовсе «не в вопросе интерпретации квантовой механики (как нередко считалось). Напротив, квантовая механика должна была бы оказаться объективно ошибочной, чтобы стало возможным другое описание элементарных процессов, отличное от статистического» (фон Нейман, 1964, с. 241, 244).

Этот, полученный фон Нейманом, результат может быть выражен и несколько иначе, например так, как это делает Вернер Гейзенберг, когда пишет, что «законы квантовой механики таковы, что введенные *ad hoc* скрытые параметры никогда нельзя будет наблюдать» (Гейзенберг, 1963, с. 106). Поэтому вполне естественно, что вводимые в теорию скрытые параметры объявлялись не только такими, которые *до сих пор* еще не наблюдались, но и также такими, которые *вообще* не могут быть обнаружены ни в одном известном нам опыте. Это, разумеется, могло бы согласовать идею скрытых параметров с основной сутью квантовой механики. Однако даже здесь встречаются трудности. По словам Макса Борна, Паули удалось показать, что подобная точка зрения также «приводит к противоречию, ибо существование скрытых параметров неизбежно должно сказаться уже в задачах статистической термодинамики и привести к искажениям распределений Бозе или Ферми-Дирака» (Борн, 1963, с. 237)<sup>1</sup>.

Впрочем, само по себе то обстоятельство, что факторы, благодаря которым возникает возможность создать неортодоксальную интерпретацию, оказываются принципиально ненаблюдаемыми, является хотя и не решающей<sup>2</sup>, но тем не менее

<sup>1</sup> См. также по этому вопросу: Блохинцев, 1966; Ахиезер, Половин, 1972.

<sup>2</sup> Обсуждая принцип наблюдаемости, согласно которому «в теории должны входить только принципиально наблюдаемые величины», М.А. Марков пишет: «Этот «принцип» нельзя рассматривать как единственный фактор при построении новой теории... Это исторически естественный и необходимый момент развития. Если бы наука была чиста от них (ненаблюдаемых величин), она бы перестала развиваться» (Марков, 1976, с. 58).

---

большой слабостью всех подобных теорий. «Сказать, — писал еще Ньютон, — что каждый род вещей наделен особым скрытым качеством, при помощи которого он действует и производит явные эффекты, — значит ничего не сказать» (Ньютон, 1924, с. 304). Уже в наше время и непосредственно по поводу введения в квантовую теорию скрытых параметров Леон Бриллюэн утверждает, что скрытые параметры, изобретаемые для того, чтобы примирить классический детерминизм с современными физическими открытиями и объявляемые с этой целью ненаблюдаемыми, способны принести больше вреда, чем пользы; если, говорит Бриллюэн, мы не можем их наблюдать, то ничто в таком случае не может помешать нам утверждать, что эти параметры существуют только в воображении их авторов (Бриллюэн, 1966, с. 152—153).

По-видимому, чтобы как-то сгладить этот недостаток, некоторые из названной группы физиков высказывают надежду, что дальнейшее развитие физики позволит выявить в экспериментах подобные скрытые параметры (Давид Бом, например, полагает, что это станет возможным, когда эксперименты будут проводиться на расстояниях, меньших  $10^{-13}$  см) и тем самым, разумеется, будет обнаружена несостоятельность современной квантовой теории. По поводу высказывания таких надежд, замечает Гейзенберг, Нильс Бор обычно говорил, что по своей логике они очень напоминают следующее, например, утверждение: «Можно надеяться, что впоследствии окажется, что в некоторых случаях  $2 \times 2 = 5$ , ибо это было бы выгодно для наших финансов» (Гейзенберг, 1963, с. 106). Сам Гейзенберг в этих притязаниях видит аналогию тому, как некто, критикуя специальную теорию относительности, утверждал бы, что он надеется на то, что будущие измерения сделают определение абсолютного пространства («скрытого параметра» теории относительности) возможным, и тем

самым теория относительности будет опровергнута (там же, с. 108)<sup>1</sup>. По этому поводу Гейзенберг говорит: «Нашей задачей не может являться высказывание пожеланий относительно того, какими должны быть, собственно говоря, атомные явления. Нашей задачей может быть только понимание их» (там же, с. 103).

Попытки превратить существующую квантовую механику в добропорядочную теорию классического образца (посредством введения в нее скрытых параметров) подвергались критике и под другим углом зрения — с точки зрения тех научных результатов, которые были получены на основе всех предпринятых усилий. Наиболее распространенное мнение по этому вопросу сводится к тому, что все эти попытки до сегодняшнего дня «не дали ни одного, буквально ни одного предсказания, которое было бы подтверждено экспериментом и в то же время не содержалось бы в общепринятой теории» (Барашенков, 1970, с. 197), не объяснили ни один новый эффект и, таким образом, «отчаянная попытка вернуться к динамическому описанию процессов микромира» не дала «никаких осязательных результатов» (Мякишев, 1973, с. 89).

Такое, не очень обнадеживающее, положение привело к тому, что сами сторонники чисто классического истолкования квантовой физики несколько сдали свои позиции и отказались от идеи исключительно детерминистического характера законов природы (то есть от примата динамических закономерностей). Это видно хотя бы из книги Давида Бома (наиболее деятельного, как уже отмечали, сторонника этого направления), изданной в конце 50-х годов, в которой автор как бы подытоживает работы по классической интерпретации квантовой механики. В ней мы читаем следующее: «В действительности ни причинные законы, ни случайные законы никогда

<sup>1</sup> К слову сказать, подобные сравнения нередко делались в качестве упрёка в адрес самого Эйнштейна.

---

не могут быть абсолютно правильными. Таким образом, мы вынуждены рассматривать эти два закона как в сущности дополняющие друг друга ... Мы не предполагаем, — продолжает Бом, — что вся природа в конечном счете может быть совершенно идеально и безупречно рассматриваться лишь с одной из этих точек зрения так, что вторая при этом выглядит как несущественная, как простая тень, которая не вносит фундаментального вклада в наше представление о природе как целом» (Бом, 1959, с. 207; подробнее см. там же гл. 5, §6).

**1.4.** Эти краткие заметки не следует воспринимать как желание автора включиться в дискуссию между сторонниками и противниками статистической интерпретации квантовой механики. Вопросы полноты последней, возможность или невозможность введения в нее скрытых параметров, состоятельность или ошибочность этой теории относятся к области конкретной науки и могут квалифицированно обсуждаться и решаться самими физиками, и предрешать в ту или иную сторону спор по данному вопросу было бы со стороны методолога некорректно. Тем более, что сами сторонники неклассической интерпретации (по крайней мере большинство из них, включая и Макса Борна, автора *статистической* интерпретации квантовой механики) никогда не исключали возможности того, что их позиция может оказаться ошибочной. В самом деле, кто может серьезно утверждать, что существующее понимание явлений микромира совершенно и окончательно; поэтому, по словам Борна, «было бы слабоумием и высокомерием отрицать всякую возможность возврата к детерминизму. Ибо никакая физическая теория не является окончательной; новые эксперименты могут вынудить нас к изменениям и даже к возвращениям», хотя, как признается тут же Борн, он не верит «в возможность такого оборота вещей» (Борн, 1973, с. 157, 158). Таково же мнение Джона фон Неймана, которому принадлежит доказательство невозможности введения в квантовую теорию скрытых параметров, поддающихся наблюдению: «Единственная имеющаяся в нашем распоряжении формальная теория,

— говорит фон Нейман, — упорядочивающая и обобщающая, в известной степени удовлетворительно, наш опыт, то есть квантовая механика, находится с причинностью в непреложном логическом противоречии. Конечно, было бы преувеличением утверждать, что тем самым с причинностью покончено: несомненно, что квантовая механика в ее нынешнем состоянии остается еще неполной, и могло бы даже оказаться, что она ошибочна, хотя последнее и представляется совершенно невероятным в свете ошеломляющих возможностей, представляемых ею для понимания общих проблем и для численного расчета конкретных» (фон Нейман, 1964, с. 243).

История науки показывает, что мы должны научиться быть осторожными, когда речь идет о будущих путях познания, хотя это и не означает, что мы не должны уметь делать выбор. Современная физика ставит нас перед таким явлением, как принципиальная стохастичность, и, не полагаясь на будущее, мы должны быть готовыми к тому, что все так на самом деле и обстоит, и поэтому мы должны уже сейчас пытаться осмыслить ситуацию. Впрочем, не велика беда, если мы завтра вновь вернемся к старым и привычным представлениям — потраченные усилия будут еще одним интеллектуальным упражнением. Гораздо опаснее, если мы будем надеяться, ничего не предпринимая, что завтра все будет по старому, а этого завтра не случится.

Наиболее разумной, на наш взгляд, является позиция, принятая по этому вопросу фон Нейманом в его книге «Математические основы квантовой механики». В ней он пишет: «До тех пор, пока более подробный анализ положений квантовой механики не позволит нам объективно доказать (в отрицательном смысле) возможность введения скрытых параметров ... мы откажемся от возможности такого объяснения и станем на противоположную точку зрения, то есть примиримся с фактом, что законы, управляющие элементарными процессами (то есть законы квантовой механики) имеют статистическую природу» (фон Нейман, 1964, с. 158). Именно

---

такая позиция и составляет основу нашего подхода к рассматриваемой проблеме.

### **Двойственная оценка квантовой теории**

**1.5.** Во всей оживленной полемике, сопровождающей квантовую механику с момента ее возникновения по сегодняшний день, обращает на себя внимание одно чрезвычайно любопытное обстоятельство. Дело в том, что сама по себе справедливость квантовой механики как научной теории, решающей те задачи, которые она ставит перед собой, никогда никем не подвергалась сомнению. Как теория, которая вполне удовлетворяет физиков и хорошо согласуется с результатами экспериментов, квантовая механика признавалась и признается даже теми, кто глубоко не приемлет ее вероятностную природу.

Макс Планк, заложивший, фактически, первый камень квантовой физики (и чрезвычайно этим огорчившийся) и который готов был в 1929 году «в защиту строгой каузальной физики обнажить оружие», рискуя при этом предстать, как он выразился, «узколобым ретроградом», за пятнадцать лет до этого следующим образом расценивал квантовую механику: «Этот предварительный, в сущности, способ исследования может показаться не вполне удовлетворяющим научным потребностям какого-нибудь исследователя, который стремится прежде всего выяснить причинную зависимость, но зато он сделался фактически необходимым для практической физики. Отказываться от него, значило бы вычеркнуть важнейшие успехи фактической науки последнего времени» (Планк, 1966, с. 227—228, 102). Обратим внимание на сочетание в этом высказывании двух, по существу, исключаящих друг друга оценок, проистекающих из подхода к квантовой теории с двух разных точек зрения. Во-первых, эта теория оказывается предварительной и не вполне удовлетворительной, если оценивать ее под

---

углом зрения того, к чему «прежде всего стремится исследователь», во-вторых, она являет собой «важнейший успех фактической науки» и совершенно необходима для «практической физики». Итак, с точки зрения самой физики с квантовой механикой все обстоит благополучно и никаких претензий к ней нет, однако научным потребностям исследователей (очевидно, эти потребности стоят вне нужд науки) она не удовлетворяет и потому является временной. В будущем она как научная теория может остаться (и наверное останется) той же, но она должна быть так переосмыслена, чтобы соответствовала «стремлению выяснить причинную зависимость».

Подобная двойственная оценка квантовой механики — чисто научная, с одной стороны, и (забегая вперед) психологическая,— с другой, ясно обозначается и в высказываниях Эйнштейна. Например, в своей речи на юбилее Макса Планка в 1929 году он говорил следующее: «Я восхищаюсь работами физиков молодого поколения, объединенными под названием квантовой механики, и верю в правильность этой теории. Я только считаю, что ограничения, приводящие к *статистическому* характеру ее законов, должны быть со временем устранены» (Эйнштейн, 1967, т. 4, с. 110). Продолжая глубоко верить в неполноту квантовой теории<sup>1</sup> и в ее переходный характер<sup>2</sup> и оставаясь совершенно чуждым ее фундаментально статистической сущности, Эйнштейн, тем не менее, двадцать лет спустя в своей автобиографии дает квантовой физике следующую оценку: «... Я должен высказаться о занимаемой мною

<sup>1</sup> «Я твердо убежден, что существенно статистический характер современной квантовой теории следует приписать исключительно тому, что эта теория оперирует с неполным описанием физических систем» (Эйнштейн, 1967, т. 4, с. 295).

<sup>2</sup> Квантовая механика, писал Эйнштейн, в существующей ее форме дает неполное и не прямое описание реальности, которое в дальнейшем будет заменено вновь полными прямыми описаниями.

---

позиции по отношению к той физической теории, которая из всех физических теорий нашего времени достигла наибольших успехов. Я имею в виду статистическую квантовую механику, которая приобрела стройную логическую форму около 25 лет тому назад (Шредингер, Гейзенберг, Дирак, Борн). Это *единственная* современная теория, дающая *стройное* объяснение тому, что мы знаем относительно квантового характера микромеханических процессов» (там же, с. 288)<sup>1</sup>.

Таким образом, по крайней мере относительно Планка и Эйнштейна мы можем теперь утверждать, что они вполне принимали квантовую физику как *научную* теорию. Но, по-видимому, мы не ошибемся, если распространим это отношение к квантовой механике на всех физиков. В самом деле, М.А. Марков пишет по поводу дискуссий о полноте квантовой теории, что «во всей этой полемике ни одна из сторон, ни один из физиков не высказывал, *конечно*, сомнения в справедливости квантовой теории в области ее применения» (Марков, 1976, с. 49), а Макс Борн утверждал, что, «ни один из физиков не отрицает, что квантовая механика ... согласуется с экспериментом и удовлетворяет всем требованиям экспериментаторов» (Борн, 1963, с. 286).

Ситуация чрезвычайно любопытная. Существует физическая теория, которая, по словам фон Неймана, находится в блестящем соответствии с опытом. Она безусловно удовлетворяет всем потребностям физиков, пока они исходят из нужд самой физики. Тем не менее, теория никак не может удовлетворить каким-то внутренним стремлениям исследователей, не дает чувства, как бы сказать, интеллектуального комфорта. И создается та довольно парадоксальная ситуация, которая удачно выражена Борном в его книге «Натуральная философия причины и случая»: «Я думаю, — пишет он, — что даже наиболее пламенный детерминист не станет отрицать, что современная квантовая механика хорошо служит нам в реальных

<sup>1</sup> Здесь и далее в цитатах, если обратное не оговорено, курсив принадлежит нам.

исследованиях. И все же он надеется, что однажды она будет заменена детерминистской теорией классического типа» (Борн, 1973, с. 157).

Говоря «и все же он надеется», Борн явно хотел подчеркнуть некоторую нелогичность (хотя это слово в данном случае, наверно, не вполне уместно) подобного желания, или, иными словами, то явственно бросающееся в глаза обстоятельство, что такая надежда стимулируется отнюдь не физическими соображениями.

### **Идея принципиальной стохастичности и «научный здравый смысл»**

**1.6.** Многими авторами отмечалось, что сопротивление статистической интерпретации квантовой механики вызвано глубоко укоренившимися интеллектуальными привычками, ставшими чем-то вроде естественного способа рассуждения. Как это ни удивительно, данное обстоятельство констатировалось не только представителями оппонирующей стороны, но и самими сторонниками классического детерминизма. По крайней мере это справедливо в отношении Эйнштейна, с высказываниями которого по этому поводу мы познакомимся в первую очередь.

Пытаясь разобраться в причинах, которые не позволяют ему принять физически столь удобную интерпретацию квантовой теории и в силу которых он не может, по его признанию, отказаться от поисков более полной концепции, Эйнштейн нередко употреблял такое выражение, как «мой научный инстинкт». Именно этот «инстинкт» не дает ему (по крайней мере иногда Эйнштейн так утверждал) следовать по «разумному» пути статистической интерпретации. Несмотря на то, писал он, что мы встречаемся (в современной физике) с новыми свойствами материи, которые *не могут быть объяснены* ни одной из классических детерминистских теорий («строго причинных» по терминологии Эйнштейна); несмотря на то, что приходится признать,

---

что мы *далеки от понимания* требований строгой причинности, которые казались самоочевидными нашим предшественникам; несмотря, далее, на то «достаточно интересное само по себе обстоятельство», что рациональная наука не только может существовать и после отказа от строгой причинности, но, более того, такой отказ даже *привел к важным достижениям* в области теоретической физики, несмотря на все это, он не может, тем не менее, смириться с отказом от строгой причинности: «я должен признаться, — пишет Эйнштейн, — что мой *научный инстинкт* восстает против подобного отказа от строгой причинности» (Эйнштейн, 1967, т. 4, с. 107—108).

Со стимулирующим поиски детерминистического способа описания «научным инстинктом» мы встречаемся и в другой (более поздней) работе Эйнштейна. Касаясь вопросов, связанных с квантовой физикой, Эйнштейн спрашивает о том, может ли какой-нибудь физик действительно верить, что нам не удастся узнать что-либо о важных внутренних изменениях в отдельных системах, то есть, фактически, о тех скрытых параметрах, из-за наличия которых физика вынуждена давать неполное, то есть статистическое описание поведения отдельных систем. Эйнштейн отмечает, что «думать так *логически допустимо*», однако, добавляет он, «это настолько противоречит моему *научному инстинкту*, что я не могу отказаться от поисков более полной концепции» (там же, с. 222—223).

Смысл выражения «научный инстинкт» (в письме к Борну Эйнштейн говорит о «внутреннем голосе»<sup>1</sup>) в данном случае несложно понять — это, очевидно, тот стиль

<sup>1</sup> В 1926 году он писал Максу Борну: «Квантовая механика — теория, внушающая большое уважение. Но внутренний голос говорит мне, что это еще не настоящий Иаков. Эта теория дает много, но едва ли она подводит нас ближе к тайне предков» (Борн, 1963, с. 334). Впрочем, стоит отметить, что, согласно Карлу Попперу, который обсуждал с Эйнштейном вопрос отказа от однозначного детерминизма, последний не был «настроен слишком непримиримо». (Поппер, 1983, с. 506).

мышления, который формировался на протяжении веков и, пронизывая всю классическую науку, как бы «наследственно» передается каждому поколению ученых; в этом смысле данный способ мышления столь же врожденный, как и инстинкт. Впрочем, отдельные рассуждения самого Эйнштейна делают довольно прозрачным содержание используемого им выражения; таково, например, следующее его высказывание, содержащееся в статье «Фундаментальные понятия физики и изменения, которые произошли в них за последнее время»: «Несмотря на то,— пишет Эйнштейн,— что наш мир как объект чувственного восприятия раскрывает перед нами лишь неясную взаимосвязь между явлениями ... мы все же ощущаем *потребность* в интерпретации событий как необходимых и полностью подчиняющихся закону (причинности) Эта потребность, несомненно, является продуктом интеллектуального опыта, приобретенного в процессе развития культуры» (там же, с. 103).

Таким образом, Эйнштейн ясно понимал, что его вера в неполноту квантовой теории покоится не на убедительных и логических доводах<sup>1</sup>, а на некотором психологическом стереотипе, который он считал обязательным атрибутом научного мышления.

Это обстоятельство сознавали также и сторонники статистической интерпретации. Имея в виду стремления некоторых физиков описывать мир в согласии с привычным классическим детерминизмом, Джон фон Нейман отмечал, что «речь идет здесь, разумеется, об укоренившемся способе рассмотрения, но никоим образом не о

<sup>1</sup> В 1947 году в письме к Борну он писал: «В чем я твердо убежден, так это в том, что в конце концов останутся на теории, в которой закономерно связанными вещами будут не вероятности, а факты, как это и считалось недавно само собой разумеющимся. В обоснование этого убеждения я могу привести *не логические основания*, а мой мизинец, как свидетеля, то есть авторитет, который не внушает доверия за пределами моей кожи" (Борн, 1963, с. 376).

---

логической необходимости» (Нейман, 1964, с. 244). Макс Борн говорил по поводу отличия его собственной точки зрения на этот вопрос от точки зрения Эйнштейна, что «это не является предметом логического диспута между нами. Основа этого расхождения — в различном общем опыте, в наших трудах и в нашей жизни» (Борн, 1963, с. 187). Как получается, задавался Борн вопросом, что этот (ложный, как он полагает) идеал так прочно укоренился в головах даже таких превосходных исследователей, как Эйнштейн, который «с какой-то особой страстью» обрушился на статистическое истолкование квантовой механики; Борн считает, что данный вопрос — «это не физическая проблема, а психологическая, которая, вероятно, может быть понята из развития физической картины мира со времен Ньютона» (там же, с. 235, 450).

Наконец, сошлемся по интересующему нас вопросу на мнение Луи де Бройля, который в данном случае выступает как убежденный сторонник статистической интерпретации квантовой теории<sup>1</sup>. Так же как Эйнштейн, де Бройль полагает, что стремление некоторых физиков дать новую интерпретацию статистической квантовой механике, неудовлетворенность их существующей теорией проистекает не из каких-либо фактических соображений, к которым их привело развитие самой физики. По мнению де Бройля, такое стремление говорит о существовании глубокой веры (которую он, в отличие от Эйнштейна, именуется не инстинктом, а догмой) в то, что мир подчиняется динамическим законам и что в природе все должно происходить строго детерминированно (в классическом смысле); он пишет: «Более или менее сознательно внутренний детерминизм явлений природы, требующий, чтобы их

<sup>1</sup> Луи де Бройль в начале своей деятельности выступал с попыткой детерминистской интерпретации квантовой механики, затем, обескураженный критикой, оставил эти попытки и лишь с начала 50-х годов, вдохновленный энергией уже упомянутой группы физиков (Д. Бом, А. Вижье и другие), вновь возобновил свои первоначальные попытки.

можно было полностью предсказать, по крайней мере в принципе, стал чем-то вроде научной догмы» (де Бройль, 1965, с. 181).

То, что под «научной догмой» де Бройль понимает почти то же самое, что Эйнштейн под «научным инстинктом», а именно некоторую психологическую установку или потребность, видно из того, в каких выражениях он характеризует отношение сторонников классического детерминизма к вероятностной природе квантовой теории: «Вопрос об индетерминизме в новой механике, — пишет де Бройль, — много дискутировался. Некоторые физики все еще проявляют величайшее *отвращение* к требованию отказаться от детерминизма, которое выдвигает современная квантовая физика. Они даже говорят, будто бы нельзя себе *представить* индетерминистическую науку» (там же, с. 184).

**1.7.** Из приведенных высказываний, принадлежащих представителям обеих дискутирующих сторон, становится ясно, что мы не очень ошибемся, если скажем, что попытки ряда физиков ввести в физику скрытые параметры и перевести описания микромира с языка, в котором поведение отдельной системы выражается в вероятностных терминах, на язык, в котором статистика для индивидуальных объектов говорит только о неполноте нашего анализа — эти попытки говорят прежде всего о том, что существует чрезвычайно глубокий психологический барьер, не позволяющий мыслить иначе, как в динамических терминах и который не могут (или не хотят) преодолеть те из физиков, которые стремятся создать интерпретацию квантовой теории классического образца. Чтобы эти физики «со страстью» обрушивались на идею статистичности поведения отдельной системы и испытывали «отвращение» к понятию принципиальной стохастичности (случайности), должна существовать не просто рациональная система взглядов, отвергающая (при помощи тех или иных логических доводов) эти идеи, а именно определенный *психологический барьер*,

---

делающий данные идеи непонятными (неосмысливаемыми).

К последнему обстоятельству, то есть к *непонятности* статистической сущности квантовой механики, мы еще вернемся. Сейчас же мы хотим отметить другое.

### Проблема

**1.8.** Как мы уже говорили, в данной книге мы принимаем позицию сторонников идеи принципиальной стохастичности. При этом мы исходим из того, что имеются все фактические основания для ее введения. Тем не менее — хотя это и звучит парадоксально — мы не можем отказать в правоте тем, кто отвергает эту идею, причем отвергает именно на основе «инстинктивного» неприятия, то есть на основе того здравого смысла, который вырабатывается в процессе развития науки и который, в отличие от обыденного здравого смысла, логично было бы назвать «научным здравым смыслом» (целиком совпадающим по смыслу с «научным инстинктом» Эйнштейна). Это тот самый здравый смысл, благодаря которому *не всякая* «дикая идея» квалифицируется в науке как гениальная и который не позволяет так просто сменять внутринаучные парадигмы.

Выражение «психологический барьер», который мы здесь употребляем, имеет непосредственное отношение и к понятию здравого смысла, и к понятию парадигмы. Этим выражением подчеркивается факт сопротивления, которое оказывается всему тому новому, которое не согласуется с уже существующими, надежными и привычными (а потому и естественными) способами мышления. Новой идее, как правило, не достает той интеллигибельности, которая присуща устоявшимся идеям.

Мы сейчас не намерены входить в обсуждение достоинств и недостатков ни внутринаучных парадигм, ни критериев интеллигибельности идей (по этому вопросу см. Франк, 1960, гл. 11, §5; Кун, 1975). Мы хотим лишь отметить то обстоятельство, что при столкновении устоявшейся (классической) идеи и революционного

нововведения сторонники первой из них оказывают сопротивление не только в силу общеизвестной инерции мышления,

Нередко сами новые идеи бывают развиты в такой форме, что их принятие оказывается на самом деле менее предпочтительным, чем отвержение — главным образом это бывает тогда, когда идея либо не согласуется с общим контекстом (научно-культурным), в который сами сторонники идеи включают ее, либо же она оказывается фактически неинтерпретируемой (то есть, сверх того, что уже было сказано при ее формулировке, об идее ничего сказать невозможно — по крайней мере ничего нового; например, если интерпретация идеи принципиальной стохастичности исчерпывается только утверждением, что некоторые явления не имеют причины).

Что касается интересующего нас вопроса, то мы полагаем, что концепция, построенная на основе изучения объектов атомного уровня — концепция принципиальной стохастичности индивидуального поведения — такова, что она не может претендовать на способность преодолеть вполне здоровый «психологический барьер», который практически мыслящим и интеллектуально независимым ученым, таким, каким был, например, Эйнштейн, не позволял быть вовлеченными во всеобщее признание этой концепции. Из всех физиков, возможно, один только Эйнштейн интуитивно понимал, что суть этой концепции в том виде, в котором она преподносилась ее сторонниками не поддается рациональному осмыслению. Эту свою смутную догадку он неоднократно выражал в известной фразе о боге, играющем в кости.

Дальше мы постараемся показать, что Эйнштейн был прав, когда доверялся своему «научному инстинкту» (хотя только наполовину). Мы будем продолжать считать, что в том, что касается детерминированности систем, мир действительно таков, «каким его описывают сторонники концепции принципиальной стохастичности и

---

воздержимся «от подозрения, что статистический характер теории ... не имеет никакого отношения к природе вещей» (Эйнштейн, 1967, т. 3, с. 625). То есть мы полагаем, что и в самом деле индивидуальное поведение отдельной системы (а не только ансамбля) может быть стохастичным. Таким образом, мы согласны с Эйнштейном только в тех пунктах, где он говорит о неудовлетворительности *интерпретации* этого явления, но не больше.

Первая половина книги направлена на то, чтобы развить это положение. Для продвижения в этом направлении мы намерены разобраться в сущности той интерпретации атомных (и субатомных) явлений, которая покоится на идее принципиальной стохастичности. Для этого, очевидно, мы должны понять, что нового утверждает данная интерпретация и относительно какой концепции эти утверждения являются новыми.

**1.9.** Все существующие толкования понятия принципиальной стохастичности отталкиваются от того понимания детерминизма, который именуется лапласовским и который раскрывается неустанно цитируемыми словами самого Пьера Симона Лапласа о возможностях всеобъемлющего ума (иногда называемого Высшим Разумом, иногда демоном Лапласа), для которого не было бы ничего недостоверного и взору которого были бы открыты как будущее мира, так и его прошлое. Цитату эту мы приводить не станем. Во-первых, потому, что она уже набилась оскомину. Во-вторых, потому — и это уже более существенно — что вопреки распространенному мнению, идею всеобъемлющего ума, который мог бы обнять «в одной формуле движения величайших тел вселенной наравне с движениями легчайших атомов» высказал впервые не Лаплас. Задолго до него ту же мысль в совершенно явной форме высказал Готфрид Вильгельм Лейбниц<sup>1</sup>. Впрочем, то, в какой форме тот или иной мыслитель выражал идею

<sup>1</sup> Мы еще вернемся к этому обстоятельству.

однозначного детерминизма, не имеет особого значения, и вряд ли полувекковая дискуссия затеялась только ради того, чтобы установить, насколько верно представляли себе Лаплас (или Лейбниц) причинную обусловленность явлений мира.

Детерминизм, называемый лапласовским<sup>1</sup>, включает в себе некоторую идею, которая независима от способа ее выражения, и необходимо выявить эту *идею* в наиболее общей форме. Только в том случае концепция может стать отправной точкой для формулировки «нелапласовского детерминизма», если она сумеет отвергнуть саму эту идею.

<sup>1</sup> Чтобы не нарушить установившийся способ выражения, мы будем продолжать пользоваться выражением «лапласовский детерминизм», хотя это противоречит действительной филиации идей.

---

## Глава 2

### КЛАССИЧЕСКИЙ ДЕТЕРМИНИЗМ

**2.1.** Как мы уже говорили, концепция неклассического детерминизма, принимающая существование принципиально случайного события, противопоставляет себя концепции лапласовского детерминизма. Под последним, однако, подразумевается не теория детерминизма, непосредственно развитая самим Лапласом или его прямыми последователями, а некоторая общая идея детерминизма, *согласующаяся* со взглядами Лапласа и его школы. По крайней мере именно это должно подразумеваться, когда речь идет о теории, преодолеваемой концепцией неклассического детерминизма (если последний действительно претендует на статус *неклассического*), то есть *новой* точки зрения на природу детерминации событий. Собственно, по этой причине, возможно, многие авторы пользуются наравне с выражением «нелапласовский детерминизм» также выражениями «неоднозначный детерминизм», «современный детерминизм» и т.д.

Как бы то ни было, вполне ясно, что для того, чтобы именоваться неклассическим детерминизмом, современная концепция детерминизма должна быть несовместимой хотя бы с одной из основополагающих идей классического детерминизма. Без этого мы можем говорить лишь о модификации последнего, но никак не о новой концепции — но это, разумеется, не то, на что претендуют сторонники *современного* детерминизма. Таким образом, для того, чтобы оценить сущность неклассического детерминизма, мы должны уяснить для себя принципиальную суть той концепции, которую обобщенно можно назвать лапласовским детерминизмом.

### Концепция лапласовского детерминизма

**2.2.** В работах, в которых лишь мимоходом делаются замечания о недостатках лапласовского детерминизма, нередко можно встретить не совсем верное представление об этой концепции. Согласно этому представлению, в основе лапласовского детерминизма лежит сведение всех законов мира к законам классической механики. Отсюда как будто бы следует, что введение вместо ньютоновских координат и импульса немеханических параметров (для предсказания поведения тел) преодолевает ограниченность лапласовского детерминизма и образует основу нелапласовской концепции.

Разумеется, подобное понимание того, что мы называем лапласовским детерминизмом, не отражает существа этой концепции. Фактически, ни одна принципиальная идея, образующая основу лапласовского детерминизма, не зависит от того, каковы те переменные, на основе которых мы предсказываем поведение тел. Лапласовский детерминизм — это не физическая концепция, и она, в принципе, безразлична к тому, какое физическое содержание вкладывается в используемые при этом понятия (см. дальше).

Согласно другому бытующему представлению лапласовский детерминизм связан прежде всего с признанием абсолютной достоверности наших *знаний* о мире и с отрицанием всякой неопределенности. При этом ссылаются на упомянутое высказывание Лапласа о всеведущем уме, перед взорами которого предстают и будущее, и прошедшее.

Это — довольно поверхностное представление. Лаплас не полагал, что воображаемый им обширный ум реально существует. Наоборот, он был убежден, что абсолютно достоверное знание невозможно и все, что доступно человеческому, а не демоническому уму, вероятно: «Если уж быть точным ..., — писал он,

---

— почти все наши знания только вероятны» (Лаплас, 1908, с. 7).

Более глубокой является точка зрения, согласно которой лапласовский детерминизм связывает наличие случайностей в мире с нашей неспособностью выявлять все действующие в нем силы. В мире самом по себе нет ничего, что соответствовало бы понятиям случайного, вероятного — в нем все однозначно определено. Поэтому случайное, вероятное, которые, по мнению Лапласа, соотносительны, с одной стороны, с нашим незнанием, а с другой, — с нашими знаниями, могут, очевидно, пониматься как нечто, что существует только в познании (см. там же, с. 11).

Однако, если мы говорим, все-таки, что при некоторых условиях существует большая вероятность того, что наступит событие «А», а не событие «В», то это, тем не менее означает, что нам, в отличие от всеобъемлющего ума, неизвестны все причины, обуславливающие наступление событий «А» и «В». Если бы мы обладали знанием всех действующих в данный момент сил, одушевляющих, как говорил Лаплас, природу, а также знанием относительного положения всех ее составных частей, то нам не пришлось бы говорить о вероятности события «А» или «В» — мы бы абсолютно точно знали, какое именно из этих двух событий непременно произойдет.

Поскольку это так, то научная теория, идеалом которой является описание мира именно таким, каким он существует сам по себе (или каким он выступает для всеведующего демона Лапласа), не должна, очевидно, пользоваться относящимися только к познающему субъекту понятиями случайности и вероятности. Однако это не осуществимо, ибо идеал, о котором идет речь, не достижим для науки.

Реальный человеческий ум всегда остается, по словам Лапласа, «бесконечно далеким» от всеобъемлющего разума; он не может оказаться «достаточно обширным», чтобы суметь обнять «в одной формуле движения величайших тел вселенной

наравне с движением легчайших атомов». Поэтому, «если уже говорить точно почти все наши знания только вероятны»; даже в самой математике, где мы можем познавать с достоверностью, «главные средства достигнуть истины — индукция и аналогия — основываются на вероятностях» (Лаплас, 1908, с. 7, 9—10). Совершенно ясно, что понятия случайного и вероятного не изгоняются из языка науки вообще — они очень важны для анализа процесса познания мира и в этом качестве выступают необходимыми категориями. Однако, при их помощи следует описывать наше *знание* о мире, а не сам мир.

Подобное представление о сущности той концепции, которую называют лапласовским детерминизмом, довольно распространено — и оно в основном верно, если речь идет о той идее детерминизма, которая развивалась самим Лапласом и которую позже можно было встретить в трудах ряда логиков (таких, как Дж. Буль, Л. де Морган, У. Джевонс, Дж. С. Милль, Х. Зигварт). Чтобы яснее представить себе существо этой идеи, рассмотрим вкратце, как она изложена одним из известных представителей этого направления детерминизма Джоном Стюартом Миллем.

### **Случайность и вероятность. Дж. С. Милль**

**2.3.** Анализу понятия случайного Милль отводит две главы своего известного труда «Система логики силлогистической и индуктивной». Первая из глав вполне ясно выражает позицию автора уже самим своим названием — «Случайность и ее исключение». (Вторая глава посвящена исчислению случайностей, то есть, говоря современным языком, теории вероятностей).

Милль начинает с обсуждения термина «случайность». Обыкновенно, пишет он, под случайностью подразумевается нечто такое, что прямо противоположно закону. Иными словами, говорит Милль, полагают, что все то, что невозможно объяснить посредством какого-либо закона, является случайным. Между тем,

---

достоверно известно, что все, что происходит, происходит только в силу того или иного закона, и всякое явление представляет собой результат каких-либо причин; поэтому явление всегда может быть предсказано, если нам известны законы и причины, обусловившие его.

Положим, например, что мы наугад вынимаем из колоды карту. Может показаться, что в данном случае мы имеем пример явно случайного события — из колоды может быть вынута любая карта. Между тем, это не так, поскольку то, какая именно карта при этом будет вытянута, вовсе не случайно — оно является следствием положения карты в колоде. Последнее же обстоятельство зависит от того, как именно перед этим была перетасована колода; это, в свою очередь, обусловлено другими, более ранними причинами и т.д. «Рассуждая отвлеченно, если бы мы обладали точным знанием этих причин, мы могли бы предсказать все следствия на каждой из указанных стадий» (Милль, 1914, с. 479)<sup>1</sup>. В таком случае, говорит Милль, случайное событие можно охарактеризовать как такое явление, которое происходит при наличии некоторых условий, но относительно которого нельзя утверждать, что оно вновь произойдет, если возникнут те же самые условия. (Как мы увидим позже, это определение случайного в общей формулировке почти совпадает с определением случайного в современном детерминизме). «Вглядываясь ближе,— продолжает Милль,— мы найдем, что в этом определении имеется в виду лишь неполное перечисление обстоятельств». И тут же вслед за этим он формулирует важное кредо лапласовского детерминизма: «Каков бы ни был факт, но раз он однажды случился, мы можем быть уверены, что он случится и опять, если повторятся все те же самые обстоятельства» (с. 479). Это классическая формула однозначной<sup>2</sup> детерминированности событий, и в рамках

<sup>1</sup> В дальнейшем при всех ссылках на Дж. С. Милля будет иметься в виду данная работа.

<sup>2</sup> Лишь в одну сторону, см. § 2.12.

---

классического детерминизма никакими определениями она не может быть поколеблена. Но как же, в таком случае, преодолевает Милль явное противоречие между данным им определением случайного и непреложностью однозначной связи событий (от причины к следствию)?

Милль использует прием, аналогичный тому, что лежит в основе идеи независимых причинных рядов Огюста Курно<sup>1</sup>. Суть этого приема сводится к следующему. Если некоторое явление *a* происходит при определенных условиях, то это вовсе не означает, что все эти условия целиком необходимы для того, чтобы явление *a* произошло. Если условия, о которых идет речь, распадаются на явления «А», «В», «С», то вполне возможно, что причиной *a* служит только явление «А», тогда как явления «В» и «С» никак не связаны (причинно-следственно) с *a*. В таком случае, если созданы условия «АВС» и возникает явление *a* (как следствие причины «А»), то следует признать, что *a* в данном случае соединено с явлениями «В» и «С» случайным образом. Следовательно, связь «В» и «С» с *a* может быть «следствием случайности», хотя «в каждом отдельном случае эти «случайные» соединения фактов представляют следствия известных причин и, следовательно, законов; но это — следствия *различных* причин, притом причин, не связанных одна с другой никаким законом» (с. 479).

Само существо подобного понимания случайного таково, что из него легко можно было бы прийти к признанию независимого существования последнего. Однако Милль не идет по этому пути. Он дает непротиворечащую концепции лапласовского детерминизма интерпретацию случайного события, когда через несколько страниц (в главе об исчислении случайностей) недвусмысленно характеризует его как целиком зависящее от степени той основательности, с которой мы знаем все

<sup>1</sup> С идеями Курно мы вскоре познакомимся поближе (см. § 2.5).

---

причинно-следственные связи, замыкающиеся на событии. А поскольку это так, то покоящееся на понятии случайного понятие вероятности может выступить лишь в качестве мерил той степени уверенности, с какой ожидается нами то или иное событие.

Вероятность одного и того же события может быть в принципе совершенно различной для двух разных людей, если степень информированности их о данном событии не одинакова. Даже для одного и того же человека она может быть различной до и после того, как им получены более точные сведения относительно этого события. В то же время ясно, что новые сведения не могут никак повлиять ни на само событие, ни на те причины, от которых оно зависит. Все это вполне убедительно свидетельствует о том, что «вероятность того или другого события не есть качество самого этого события... Само по себе *всякое происшествие достоверно*, а не вероятно: если бы мы знали все, то нам было бы положительно известно, случится оно или не случится. Вероятность же его для нас обозначает ту степень основательности, с какою наши наличные сведения дают нам право ожидать, что данное событие будет иметь место в действительности» (с. 487—488).

**2.4.** Такова согласующаяся с концепцией лапласовского детерминизма интерпретация случайного явления (и вероятности его наступления). Отсюда как будто следует, что переосмысление данной интерпретации и признание существования случайностей в самих явлениях природы коренным образом подорвет основу концепции и позволит создать нелапласовскую теорию детерминизма. Но это не так, и не так это по той причине, что изложенное понимание случайного не распространяется на всю концепцию лапласовского (то есть классического) детерминизма и оценка вероятностных представлений как связанных только с «нашими знаниями и незнанием», также как перенос случайного целиком только в сферу познания не может служить специфическим признаком данной концепции.

---

Дело в том, что признание объективности случайного не противоречит лапласовскому детерминизму. С идеями, составляющими его сущность, вполне совместима идея существования случайного в самом мире, причем существования, независимого от уровня чьих бы то ни было знаний.

Это утверждение не кажется очевидным; более того, в него даже трудно поверить. В самом деле, если событие « $A_2$ » необходимо детерминировано некоторым другим событием « $A_1$ », являющимся причиной события « $A_2$ », и в то же время само « $A_2$ » необходимо детерминирует событие « $A_3$ », являющееся следствием события « $A_2$ », то трудно понять, в каком именно звене причинно-следственной цепи можно усмотреть «независимую от разума» случайность. Тем не менее в середине прошлого века французский математик Огюст Курно сумел решить эту проблему. Оставаясь целиком в рамках лапласовского детерминизма, Курно обосновал идею объективности случайного (и вероятного), создав для этого оригинальную картину параллельных причинных рядов. Последняя в дальнейшем получила широкое распространение и была перенята у Курно Дж. С. Миллем, В. Виндельбандом, А. Пуанкаре, А. А. Чупровым и др.

Рассмотрим подробнее эту идею, сыгравшую столь значительную роль в развитии логико-философских основ теории вероятностей. Кроме того, знакомство с сочинением Огюста Курно поможет нам лучше разобраться в сущности современного детерминизма.

### **Случайность и вероятность. Ог. Курно.**

**2.5.** Интересующая нас концепция в общем виде изложена в IV главе книги Ог. Курно «Основы теории шансов и вероятностей» (1843 г.). Развивается она следующим образом.

Обсудив на протяжении первых трех глав математическую сторону теории шансов и вероятностей (комбинаторику, или синтактику, законы математической вероятности

---

сложных событий и т.д.), Курно вдруг задается следующим вопросом: «Не является ли, — спрашивает он, — вся эта теория простой игрой ума, занятым умозрительным построением, или же, напротив, она ведет к законам весьма важным и общим, господствующим в реальном мире?» (Курно, 1970, с. 83)<sup>1</sup>. Часто, говорит Курно, повторяют мнение Юма о том, что нет ничего в мире случайного в подлинном значении этого слова, но есть нечто, что равнозначно ему, а именно — незнание истинных причин явлений. То же самое говорил и Лаплас, когда в качестве основного положения своей теории указывал, что вероятность соотносительна, с одной стороны, с нашими знаниями, а с другой — с нашим незнанием. Отсюда, очевидно, следует, что если бы кому-нибудь (например, высшему разуму) были известны все причины и их следствия, то и учение о вероятности исчезло бы за отсутствием своего объекта. «Однако, — замечает Курно, — все эти идеи неверны» (с. 92).

Забегая вперед, скажем, что ответ на поставленный выше вопрос — свое понимание проблемы — он формулирует (в общем резюме к книге) следующим образом: «Математическая вероятность выражает отношение, существующее вне человеческого разума, его постигающего, в виде закона, которому явления подчинены и существование которого не зависит от того, — велики или малы наши знания относительно условий возникновения явлений» (с. 378—374). Естественно возникает вопрос: благодаря какому ходу рассуждения Курно приходит к этому тезису, столь трудному для защиты в рамках уже существующего лапласовского детерминизма<sup>2</sup>.

Исходным для него является безусловное утверждение, согласно которому ничто в мире — никакое явление или событие — не происходит беспричинно.

<sup>1</sup> В дальнейшем при всех ссылках на Ог. Курно будет иметься в виду данная работа.

<sup>2</sup> Впрочем, не следует слишком преувеличивать эту трудность — элементы объективного истолкования случайного в вероятности содержатся уже в работах Лапласа.

Это, говорит Курно, основной принцип, управляющий человеческим разумом. Если даже нередко при исследовании фактов действительности от нашего разума ускользают причины некоторых событий или мы принимаем за причину не то, что таковым является, тем не менее, мы продолжаем неукоснительно верить в истинность этого принципа и *ничто не может поколебать нашу убежденность в том, что он не может иметь исключений*: «Ни наша беспомощность при использовании принципов причинности, ни ошибки, в которые мы впадаем при его применении, не могут поколебать нашу убежденность в истинности этого принципа, признанного как необходимое и не знающее исключений правило» (с. 84).

Из этого принципа вполне определенно вытекает, что от всякого следствия (которое само может стать причиной последующих явлений) мы можем восходить к его непосредственной причине, от последнего, в свою очередь, к причине, ее породившей и так до бесконечности, ибо согласно принципу причинности нигде нельзя будет прервать такое восхождение. Это — бесконечная цепь причин и следствий, следующих друг за другом во времени; она состоит из реальных явлений, представляющих ее звенья, и образует непрерывный линейный ряд.

Представление о причинных рядах является важным для концепции Курно. Бесконечное число подобных рядов, или цепей, говорит он, могут сосуществовать во времени, то есть существовать одновременно. Они могут скрещиваться, и при этом одно и то же явление «А», порожденное несколькими различными явлениями, будет входить в качестве следствия одновременно в несколько причинных рядов, или наоборот, явление «А» само породит несколько рядов следствий, которые, начиная с этого исходного явления, разойдутся между собой и могут стать совершенно изолированными друг от друга.

Нарисованная картина аналогична тому, как каждый человек представляет собой как бы точку, в которой смыкаются два восходящих ряда поколений его родителей.

---

В то же время он сам может стать началом нескольких нисходящих линий потомков, которые, разойдясь, в дальнейшем никогда не пересекутся (если исключить браки между родственниками). Со временем почти каждая семья (или каждое генеалогическое ответвление) вступает в брачный союз с множеством других семей. Однако всегда существуют семьи, которые остаются чужими друг для друга — и таких семей гораздо больше; они-то и образуют ряды независимых и параллельно развивающихся поколений. «Пучки сосуществующих цепей в воображаемой нами картине сцепления явлений в причинном порядке, подобно путям световых лучей, становятся как бы массовыми потоками, взаимно проникающими, распространяющимися и сходящимися без нарушения непрерывности их ткани» (с. 85).

Нетрудно понять, что подобная картина скрещивающихся и параллельных цепей, являющихся линейной последовательностью причин и следствий, предполагает отсутствие связей между частью наблюдаемых событий. Предположение о всеобщей связи явлений не может быть согласовано с идеей независимых линейных рядов. Это осознавалось самим Курно, и он решительно возражает против представления «некоторых философов» о том, что «все в мире связано». Здравый смысл, говорит Курно, подсказывает нам, что имеются ряды явлений, связанных взаимной зависимостью, он же нам подсказывает, что имеются также и другого типа ряды — ряды, между которыми не существует никакой связи.

В самом деле, кто станет всерьез утверждать, что топая ногой можно повлиять на движение корабля, плывущего у берегов противоположного полушария, или тем же способом сотрясти систему спутников Юпитера. Конечно, говорит Курно, нельзя утверждать, что никакое событие, происходящее, например, в Китае или Японии, не может повлиять на события, которые могут произойти в Лондоне или Париже, но

вообще, несомненно, что то, каким именно образом проведет свой день какой-нибудь парижский обыватель, не имеет никакого отношения к тому, что происходит в одном из корейских городов, куда еще не ступала нога европейца. «Это,— замечает Курно, — как бы два небольших мира, в каждом из которых наблюдается своя цепь причин и их действий, и цепи эти развиваются одновременно, не переплетаясь и не оказывая друг на друга сколько-нибудь заметного влияния»<sup>1</sup>.

Идея событийно-расчлененного мира, части которого не находятся между собой в причинно-следственной связи, играет в данном случае важную роль, поскольку именно она дает Курно возможность ввести понятие объективной случайности. Он пишет: «События, возникающие при встрече или комбинации явлений, принадлежащих независимым рядам, получившимся в порядке причинности, мы называем явлениями случайными или результатами случая» (с. 85—86). «Чтобы высказывание было четким, — продолжает далее Курно, — надо придерживаться лишь того, что является основным и категорическим в понятии случайности, а именно, идеи независимости или отсутствия связи между различными рядами фактов или причин... Идея случайности — это идея совпадения независимых причин, общим результатом чего является определенное событие; ...эта идея говорит о комбинации многих систем причин или фактов, развертывающихся каждая в своей цепи, независимо одна от другой (с. 88, 92, 373).

**2.6.** С понятием случайности Курно связывает другое — значимое для него — понятие физической, или фактической невозможности. Последняя имеет отношение к такому событию, математическая вероятность которого бесконечно мала, но не равна нулю (в последнем случае событие было бы, по терминологии Курно,

<sup>1</sup> В книге «Основы теории шансов и случайностей», по которой мы излагаем взгляды Курно, этот пример сильно сокращен, а приведенной цитаты вообще нет. Приведенный текст дан нами по другой работе Курно, которую цитирует А.А. Чупров (см. Чупров, 1959, с. 101).

---

рационально, или абсолютно невозможным)<sup>1</sup>. «Понятие физической невозможности, — говорит Курно, — отнюдь не является выдумкой рассудка, ни такой идеей, значение которой соотносилось бы только с недостаточностью наших знаний: она должна служить существенным элементом в объяснении естественных явлений, законы которых не зависят от тех знаний, которыми человек может располагать» (с. 373).

Курно придает большое значение понятию физической невозможности, поскольку оно позволяет ему перекинуть мост от теории вероятностей к событиям реального мира. Уже одним тем, что математическая вероятность ставится в тесную связь с физической невозможностью, придается, по мнению Курно, устойчивость, объективная ценность теории математической вероятности, поскольку она связывается с явлениями реального мира (с. 89). Все учение о вероятности, утверждает Курно, получает опору в понятии физической невозможности, в основании которого лежит идея объективной случайности, то есть идея взаимно независимых причин и бесконечного множества комбинаций. Вероятность уже не является отвлеченным отношением, плодом одного нашего мышления, но выражает собою «отношение, содержащееся в природе самих вещей, устанавливаемое наблюдением» (с. 91). «Математическая вероятность становится, в таком случае, — говорит Курно, — мерой физической возможности, и каждым из этих терминов можно пользоваться вместо другого» (с. 91).

Отождествление понятий вероятности и возможности, которое делает Курно, означает, фактически, переопределение существующего (субъективного) понятия вероятности, или, точнее, различение двух смыслов вероятности

<sup>1</sup> Интересные соображения, касающиеся данного вопроса, содержатся в работе французского математика Эмиля Бореля «Вероятность и достоверность» (см. Борель, 1956).

— объективного и субъективного<sup>1</sup>. Вот как он сам об этом пишет: «Преимущество термина возможность... заключается в том, что его точный смысл означает наличие отношения, существующего в самих вещах, а не зависит от наших суждений или восприятий, изменчивых от человека к человеку, смотря по обстоятельствам, в которых они находятся, и степени их осведомленности». И добавляет: «Термин возможность выражает нечто объективное, тогда как термин вероятность в обычном понимании имеет смысл субъективный, который обманул столько превосходных мыслителей, вызвал такое множество недоразумений и исказил самую идею, которая должна лежать в основе понимания теории шансов и математических вероятностей» (с. 92).

#### **Концепция лапласовского детерминизма (продолжение).**

**2.7.** Итак, знакомство с работами представителей классического детерминизма показывает, что точка зрения, согласно которой эта концепция отвергает объективное существование в мире случайных событий, должна быть расценена как ложная. Мы увидели, что это наиболее укоренившееся представление если и верно по отношению к самому Лапласу (и то не абсолютно) и некоторым другим представителям классического детерминизма, то оно коренным образом ошибочно по отношению ко всей концепции лапласовского детерминизма. Точка зрения, которая утверждает, что в мире (самом по себе) не может быть ничего случайного, вероятного, что последнее представляет собой чисто субъективное явление, которому ничто не соответствует в природе, такая точка зрения выражает только один из возможных

<sup>1</sup> Курно принимает оба значения вероятностей, но призывает тщательно их разделять: «Нет ничего важнее, — говорит он, — как тщательно проводить различие между двумя значениями термина вероятность, понимаемого либо в смысле объективном, либо в смысле субъективном, если мы хотим избежать смещения и ошибок как при изложении теории, так и ее применений» (с. 374).

---

вариантов концепции детерминизма, которую мы называем классической. Классический детерминизм достаточно широк, чтобы не быть связанным ни с отрицанием случайности вообще, ни ее объективности, в частности; кроме того, он не утверждает, что нам реально доступна абсолютно точное знание параметров (не имеет значения, каких именно — координат и импульсов в механике Ньютона, или напряженностей электрического и магнитного полей в электродинамике Максвелла и т.д.) абсолютно всех событий в мире независимо от того, конечным или бесконечным мыслится мир.

Таким образом, в рамках классического детерминизма приемлемы и признание случайности, и ее отрицание; далее, с этой концепцией согласуется как идея объективности случая, так и идея его производности от уровня нашего знания. Точно так же не может считаться несовместимым с лапласовским детерминизмом признание недостоверности наших знаний и приблизительности предсказаний. Ни одно из этих — или подобных им — положений не может рассматриваться как выходящее за рамки концепции классического детерминизма.

**2.8.** Мы обнаружили, что ни одна из трех упомянутых (§ 2.2.) точек зрения не оказалась достаточно глубокой, чтобы показать нам, *что* именно, какая центральная идея образует сущность лапласовского, или классического детерминизма. Тем самым они оказались неспособными помочь нам найти путь, по которому мы могли бы прийти к основным принципам современного, то есть нелапласовского детерминизма.

Существует, однако, еще одна точка зрения, которая утверждает, что основное, с чем связана суть интересующей нас концепции — это принятие строгой однозначности связей, которые существуют между причиной и ее действием. Эта точка зрения представляется нам наиболее глубокой. Следует, пожалуй, принять, что единственное положение, которое принципиально несовместимо с основными утверждениями лапласовского детерминизма — это положение о неоднозначности, с которой могут

---

следовать друг за другом явления в причинно-следственном ряду. Эта точка зрения на классический детерминизм отстаивается, например, В.И. Купцовым в работе «Вероятность и детерминизм», где он следующим образом резюмирует свой анализ: «В свете сегодняшнего дня, — пишет он, — яснее становится то, что является инвариантным в представлениях о детерминизме для Лапласа и его единомышленников». Таким инвариантом автор считает «утверждение, согласно которому все в мире существует как результат действия однозначных законов, предопределяющих реакцию на любые будущие события». Это утверждение В.И. Купцов расценивает как фундаментальное положение анализируемой доктрины и поэтому заявляет: «Пока неизменным оказывается это положение, нерушима и концепция лапласовского детерминизма» (Купцов, 1976, с. 196).

Мы согласны с таким представлением об этой концепции<sup>1</sup>, однако с одной существенной оговоркой — высказанное в столь общей форме, оно не дает ясного понимания того, в чем же суть однозначности законов, постулируемой классическим детерминизмом, и что собственно следует понимать, если мы будем говорить о неоднозначности переходов одного явления в другое. Последнее тем более важно, что само по себе неоднозначность связей (как мы увидим в § 2.10) лапласовским детерминизмом не отвергалась.

**2.9.** Следует заметить, что в понятиях однозначной (или динамической) и неоднозначной (или статистической) закономерности много неопределенного. В любой работе, в которой хотя бы затрагивается проблема современного детерминизма, эти понятия широко используются. Между тем обстоятельному анализу они не подвергались. И такие, на первый взгляд, ясные определения, как «однозначное», «неоднозначное» (события, последовательности и т.д.) оставляют все еще

<sup>1</sup> Впрочем, как мы вскоре убедимся, такого же представления придерживались и сами представители лапласовского детерминизма

---

место для неопределенного толкования. Это обязывает нас попытаться здесь дать более определенную формулировку этих понятий — тем более что именно их противопоставление лежит в основе различения двух концепций детерминизма — классической и современной.

Однако, прежде чем заняться этим непосредственно, нам следует обратить внимание на следующее обстоятельство.

**2.10.** Настаивая на том, что существо классического детерминизма связано прежде всего с отвержением возможности неоднозначных причинных связей, мы должны проявить осторожность. Как мы уже отмечали, сама по себе идея возможной неоднозначности связей между причиной и следствием вовсе не отвергается данной концепцией — наоборот, она имела (и имеет) широкое распространение. Весь вопрос в той интерпретации, которая дается этой идее. Поэтому само по себе утверждение, что неоднозначность событий является принципиально несовместимой с доктриной лапласовского детерминизма, требует важных уточнений. Чтобы суметь их сделать, мы обратимся к рассмотрению упомянутой идеи, известной в логико-философской литературе под названием множественности причин. Это тем более важно, что мы одновременно продвинемся в достижении еще двух целей: во-первых, мы укрепимся в убеждении, что принятая нами точка зрения на лапласовский детерминизм не ошибочна и что она согласуется со взглядами самих представителей данной концепции; во-вторых, мы яснее поймем, в чем заключается существо понятия однозначности связей и, тем самым, лучше сможем представить себе, что следует понимать под их неоднозначностью.

Проблему множественности причин мы рассмотрим по работам трех авторов, безусловно принадлежащих к сторонникам классического детерминизма. Во-первых, это труд Дж. С. Милля «Система логики», в котором данная проблема ясно ставится, но решение дается довольно неопределенное; во-вторых, это книга Вильяма Минто

---

«Дедуктивная и индуктивная логика» (1893 г.), в которой проблема не только ставится автором, но и определенно решается (отражая взгляды других логиков, таких, как например, Дж. Венн), однако решение носит слишком тезисный характер и дается без необходимого анализа; наконец, это сочинение А. А. Чупрова «Очерки по теории статистики» (1909 г.), содержащее развернутый анализ проблемы и обобщающее взгляды большинства логиков прошлого столетия (А. Бэна, Х. Зигварта, Дж. Венна и др.).

### **Множественность причин. Дж. С. Милль.**

**2.11.** Начнем с того, как формулируется проблема множественности причин в «Системе логики» Дж. С. Милля.

При анализе методов наблюдения и опыта, говорит Милль (в начале десятой главы третьей книги), мы в целях упрощения предполагали, что каждое следствие связано исключительно только с одной единственной причиной, то есть принимали, что в последовательности причин и следствий перед одними и теми же явлениями всегда должны стоять одни и те же вызвавшие их следствия. «Мы предполагали, — пишет он, — что  $a b c d e$  — та или другая совокупность существующих в известный момент явлений — состоит из различных фактов  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  и  $e$ , для каждого из которых надлежит искать одну и только одну причину» (с. 396).<sup>1</sup>

Правда, добавляет Милль, причина могла быть достаточно сложной

<sup>1</sup> Обратим внимание, что у Милля перечень букв  $a b c d e$ , не отделенные запятыми, обозначает не перечень элементов  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$  некоторого множества  $M$ , а само это множество, то есть  $a b c d e$  - это один знак, эквивалентный букве  $M$  в данном случае. Мы сочли необходимым подчеркнуть это, так как в издании 1956 года работы А.А. Чупрова «Очерки по теории статистики», где Чупров цитирует этот текст, буквы  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$  отделены друг от друга запятыми, что делает текст бессмысленным (см. Чупров, 1959, с. 116).

---

и состоять из более чем одного ряда условий, но тем не менее мы всегда предполагаем, что для всякого данного следствия существует только один ряд условий. Так вот, заявляет Милль, это «наше предположение ни в одной из своих частей не отвечает действительности... Неверно, что то или другое явление всегда производится одною и тою же причиною: следствие *a* может получиться иногда от *A*, а иногда от *B*» (с. 397).

Подобное заявление звучит в контексте классического детерминизма несколько неожиданно, даже настолько, что по словам Чупрова, который также цитирует этот отрывок, оно дает «повод предположить, что Милль решается заменить обычное представление о причинной связи, как связи определенной и однозначной, совершенно иной концепцией» (Чупров, 1959, с. 116). Но это не так: поскольку Милль иного, кроме обычного (то есть лапласовского), представления о причинной связи не знает, то он, как отмечает сам Чупров, «отнюдь не имеет намерения идти так далеко» и заложить основы иной (нелапласовской) концепции.

Посмотрим, однако, в таком случае, каким образом развивает Милль свой тезис.

«Итак, — пишет он, — неверно, будто каждое единичное следствие должно быть связано с одною только причиною, с одним рядом условий, будто всякое явление может быть произведено лишь одним путем. Часто существует несколько независимых друг от друга способов, при помощи которых можно вызвать одно и то же явление» (с. 397). Примеры, которые он приводит для иллюстрации того, что он хочет сказать, делают ясным, на основе каких именно соображений Милль приходит к идее множественности причин. В самом деле, мало кто не согласится с утверждением Милля о том, что существует огромное количество явлений, которые можно вызвать совершенно различными способами — например, произвести механическое движение или убить кого-нибудь. Данное следствие (например, смерть) без условно произойдет

по какой-то определенной причине, но оно, говорит Милль, столь же успешно могло бы произойти и помимо этой причины.

Данное заявление звучит, на первый взгляд, совершенно убедительно, однако, как мы вскоре увидим, оно кажется таковым только на первый взгляд.

**2.12.** Следует отметить, что в «Системе логики» не дается ясного изложения понимания Миллем сущности выдвигаемой им идеи множественности причин. В главе о заблуждениях, например, (гл. X, кн. IV) он выражается вполне категорично, причисляя к предрассудкам мнение о том, что будто бы явления не могут иметь более одной причины. Милль квалифицирует подобное мнение как «утверждение, совершенно противоречащее всему, что мы знаем о природе» (с. 692). Между тем в главе, непосредственно посвященной теме множественности причин (гл. X, кн. III) он приводит ряд примеров, демонстрирующих подобную множественность, и которые показывают, что Милль все же полагает, что не исключено, что всякое событие на самом деле имеет одну «настоящую» (по его выражению) причину, к которым примешиваются иные — «не настоящие» причины, и что в основе множественности причин, возможно, лежит наша неспособность выявить эту причину. Один ряд наблюдений и опытов показывает, говорит, например, он, что причиной теплоты является солнце, другой — что трение, третий обнаруживает эту причину в механическом ударе, четвертый — в электричестве, пятый — в химическом действии и т.д. Однако, пишет Милль, «если при дальнейшем анализе можем открыть в... нескольких предыдущих какой-либо общий всем им элемент, то мы получаем иногда возможность дойти таким образом до какой-либо одной причины, которая и будет настоящим действующим обстоятельством во всех них. Так, например, теперь думают, что при производстве теплоты путем трения, удара, химического действия и проч., конечный источник — один и тот же. Но если (как это постоянно случается) мы не можем сделать этого дальнейшего шага, то все эти предыдущие

---

должны быть признаны пока отдельными причинами, из которых каждая сама по себе достаточна для произведения данного следствия» (с. 402).

Здесь следует отметить еще одно важное обстоятельство. Как мог заметить читатель, у Милля речь идет только о множественности причин, но ни разу не о множественности следствий. Это вообще характерно для классического детерминизма, и оно становилось предметом специального обсуждения. «Обращаясь от множественности причин к множественности действий, — писал А.А. Чупров, — мы уже не найдем в учебниках логики материала для иллюстраций. Уделяя немало внимания множественности причин и осложнениям, вносимым ею в ход индуктивного исследования причинно-зависимостей, логики совершенно игнорируют множественность действий» (Чупров, 1959, с. 119).

**2.13.** Вопрос множественности причин и следствий стоит в непосредственной связи с проблемой предопределенности хода развития событий и с возможностью его предсказания. Без существования однозначной связи между явлениями природы лапласовский всеобъемлющий разум становится столь же беспомощным в охвате будущих и прошлых событий мира, сколь беспомощен в этом «бесконечно далекий» от него человеческий ум. Однако условия, необходимые для видения прошедших событий, и условия, необходимые для предвидения будущего мира, существенно различны.

Для осуществления предвидения связи, соединяющие причины со следствиями, должны быть однозначны в сторону следствий; иными словами, для каждой причины должно существовать только одно следствие — без этого никакое предвидение, в том числе и демоническое, невозможно. В первом же случае, то есть для того, чтобы проследить цепь причин и следствий в восходящем порядке, необходимо, чтобы между ними существовала однозначная связь от следствий к причине — а это

как раз то, что отвергается теми, кто признает множественность причин.

Таким образом, мы видим, что эти два — как будто симметричных положения — имеют разную психологическую прочность: неоднозначность следствий представляется гораздо более неприемлемой, чем неоднозначность причин. То, что это так, видно, кроме всего прочего, из того полемического приема, которым пользовались в тех случаях, когда выдвигались возражения против признания возможности множественности причин; прием заключался в следующем: сперва доказывалась симметричность связи от следствия к причине и от причины к следствию, а затем (по-видимому, бессознательно учитывая разную степень готовности оппонента пожертвовать однозначностью «от следствия» и «от причины») требовалось либо отказаться от множественности причин, либо признать также и множественность следствий. Это, видимо, был сильный аргумент. Поскольку к этому вопросу мы позже (§ 2.16) вернемся, то обратимся теперь к анализу самой идеи множественности причин и рассмотрим, как она проводится шотландским логиком Вильямом Минто.

### **Множественность причин. В. Минто.**

**2.14.** Один из разделов главы своего сочинения «Дедуктивная и индуктивная логика», посвященной проблеме методов объяснения (раздел озаглавлен «Препятствия для объяснения. Множественность причин и смешение действий») Минто начинает с упоминания о двух обстоятельствах, могущих служить препятствием при объяснениях. Одно из них (которое нас интересует) заключается в том, что может существовать, говорит Минто, не одна, а несколько причин, способных вызвать одно и то же явление, и если мы пытаемся объяснить возникновение подобного явления, то мы можем оказаться не в состоянии указать какая из возможных причин произвела исследуемое явление. Так, например, причиной появления плевел среди

---

пшеницы могла быть случайность, но в той же мере причиной этого могло быть и чье-либо злоумышление. В логике, отмечает Минто, подобное, затрудняющее исследование, обстоятельство носит особое название множественности причин; оно относится к тем случаям, когда мы должны выбрать между несколькими равно вероятными и возможными причинами и пытаемся выяснить, какая из этих причин была налицо в данном случае (см. Минто, 1901, с. 412—420).<sup>1</sup>

Итак, Минто, также как и Милль, принимает факт существования множественности причин и приводит пример, аналогичный тому, который приводил Милль. Теперь, однако, посмотрим, как он интерпретирует этот факт.

Понимание Минто сущности множественности причин раскрывается при анализе нескольких примеров, один из которых принадлежит Миллю (пример со смертью, которая может наступить под воздействием многих обстоятельств). Приступая к их анализу, Минто делает важное, с точки зрения интересующего нас вопроса, замечание: «Дело в том, — пишет он, — что различные причины действуют различным способом, оставляя по себе соответствующие признаки; по этим признакам мы можем узнать, какая именно причина действовала в каждом данном случае» (с. 422). Это замечание, как нетрудно понять, сводит на нет всю идею множественности причин. Если различные причины действуют различным способом, то, очевидно, у разных причин будут только разные следствия. В таком случае однозначность от причины к следствию восстанавливается и ни о какой множественности в действительном смысле этого слова не может быть речи.

Именно под этим углом зрения и проводится Минто упомянутый анализ примеров. Если, например, произошел взрыв, то можно предположить в качестве причины

<sup>1</sup> В дальнейшем при всех ссылках на В. Минто будет иметься в виду эта работа.

его целый ряд взрывчатых веществ, которые могут произвести совершенно одинаковую, *на первый взгляд*, картину разрушения. Однако, на самом деле, различные взрывчатые вещества приводят к *различным* последствиям: при взрыве пороха окружающие предметы чернеют, взрыв динамита разрывает и развеивает предметы особым образом и т. д.

Далее предположим, что в воде найдено тело мертвого человека. С одной стороны, можно было бы допустить, что человек утонул сам, но в то же время вовсе не исключено и то, что он был сперва убит, и лишь затем брошен в воду. Однако, говорит Минто, эти два случая характеризуются различными признаками: если человек утонул, то у него в желудке должна быть вода, а в трахее должна быть обнаружена пена и т.д. И Минто делает замечание, которое очень ясно показывает сущность той ошибки, которую допустил Милль, когда он на основе аналогичных примеров пришел к идее существования множественности причин. Минто пишет: «Дело в том, что вообще, когда мы говорим о множественности причин — о том, что то или другое явление может зависеть от той или от другой, или от третьей причины, — мы имеем в виду не какой-либо отдельный случай этого явления со всеми его индивидуальными подробностями, а лишь некоторое обобщение или отвлеченную схему его. Когда мы говорим, например, что смерть может происходить от множества причин... мы думаем о смерти *вообще*, а не о каком-либо частном ее случае». «Таким образом, — заключает свой анализ Минто, — хотя данное явление может зависеть от многих причин, все-таки в каждом отдельном случае можно... указать истинную причину его» (с. 423—424).

К сожалению, анализ проблемы множественности причин, предпринятый Минто, дальше этого не идет, хотя само по себе данное им объяснение<sup>1</sup> кажущейся

<sup>1</sup> Впрочем, следует отметить, что данное объяснение не принадлежит самому Минто. До него аналогичную мысль высказывал английский логик Джон Венн.

---

неоднозначной причинности явилось важным шагом в решении вопроса. Наиболее подробно и ясно данная проблема подвергается анализу в сочинении «Очерки по теории статистики» известного статистика начала двадцатого века А.А. Чупрова. В этой работе обобщенно отражено решение интересующего нас вопроса в рамках классического детерминизма.

### **Множественность причин. А.А. Чупров**

**2.15.** Основное внимание мы сосредоточим на втором из составляющих книгу А.А. Чупрова очерков, озаглавленном «Номографические функции «категорического исчисления». Содержание очерка представляет для нас существенный интерес еще и по другой причине – здесь мы встречаем наиболее четкое выражение сути классического детерминизма. Кроме того, в отличие от других авторов, Чупров рассматривает не только явление множественности причин, но также и множественности следствий, что делает его анализ особенно важным для ясного представления сущности однозначного детерминизма.

Анализ миллевской концепции «множественности причин», составляющей, по словам Чупрова, предмет оживленных споров между «теоретиками индуктивной методологии», он начинает с того, что формулирует кредо научного (то есть, естественно, лапласовского) представления о связи событий в мире.<sup>1</sup> Он пишет: «Наше представление о причинной связи, несомненно, исключает всякую тень какой-либо неопределенности в отношениях между причиной и следствием: связь причины с ее действием строго однозначная. Если  $A$  — причина  $A^1$ , то никогда и нигде  $A^1$  не может иметь место без того, чтобы ему не предшествовало  $A$ , ни с какой иной причиной  $A^1$  не

<sup>1</sup> Отметим, что А.А. Чупров придерживается того варианта лапласовского детерминизма, который был развит Огюстом Курно.

---

может уже стоять в связи» (Чупров, 1959, с. 112—113).<sup>1</sup> Это положение настолько глубоко связано с концепцией классического детерминизма, что Чупров не раз повторяет его на протяжении всей книги. С первых же страниц он категорически заявляет, что «отказаться от представления о причинной связи как связи вполне определенной, однозначной и неразрывной, мы не можем, не порывая в корне с основами нашего научного миропонимания». В другом месте Чупров пишет: «Представление о причинной связи как однозначной так тесно сплетается с обычной концепцией причинности, вытекая из общепринятого определения, что в нем можно бы и не усматривать независимой предпосылки: если  $A$  — причина  $A^1$ , то ни  $A$  не может иметь иного следствия, кроме  $A^1$ , ни  $A^1$  иной причины, кроме  $A$  — это логический вывод из неразрывности связи  $A$  и  $A^1$ » (с. 102—103). Или: «Между совершающимися в мире явлениями... существуют такого рода связи, что, если  $A$  причина  $A^1$ , то всегда и везде, где имеет место  $A$ , за ним неизменно следует  $A^1$ , и всегда и везде, где наблюдается  $A^1$ , ему неизменно предшествует  $A$ » (с. 99, см. также с. 124-125, 113 и др.).<sup>2</sup>

Итак, совершенно ясно, что в качестве основной идеи, составляющей ядро лапласовского детерминизма, Чупров признает не что иное, как однозначность причинно-следственной связи, (кстати, при этом он дает классическое определение однозначной причинности, которое мы не должны упускать из виду).

Впрочем, сам по себе Чупров тут не причем. Однозначность столь очевидно вытекает из классического понимания причинности, что некоторые авторы отвергают вообще всякую возможность множественности причин *ex definitione* (по определению). Вот как пишет, например, известный французский социолог Эмиль Дюркгейм: «Милль допускает, что одно и то же последующее не всегда связано с одним и тем же

<sup>1</sup> В дальнейшем при всех ссылках на А.А. Чупрова будет иметься в виду данная работа.

<sup>2</sup> Обратим внимание, что здесь и выше речь идет о взаимно однозначной связи причины и следствия.

---

предшествующим, а может быть вызываемо то одной, то другой причиной... Но это, выдаваемое за аксиому, предположение множественности причин является отрицанием принципа причинности... Если причинная связь сколько-нибудь доступна пониманию, в ней не может быть такой неопределенности». Тем не менее, замечает Чупров, процитировав Дюркгейма, многие логики «предпочитают сохранить понятие множественности причин, оставаясь при этом, однако, верными концепции однозначной причинной связи и «даже с сочувствием повторяют за Лапласом его гимн всеобъемлющему разуму, для которого ничто не было бы недостоверным, так как и прошедшее, и будущее были бы равно открыты его взору» (с. 113).

Как же, в таком случае, могли согласовать логики множественность причин с «открытием взору прошедшего», если вполне ясно, что неоднозначность причины исключает для прошедшего возможности «быть открытым взору».

Это противоречие снимается вполне ортодоксальной интерпретацией понятия множественности причин (впрочем, Ог. Курно, например, оставлял за высшим разумом способность только предсказывать будущее, отвергая возможность следить за ходом событий в глубь времен). Чупров приводит (с. 117) ряд высказываний, показывающих суть подобной интерпретации. Например, английский логик и психолог Александр Бэн, ближайший ученик Милля, пишет следующее: «Множественность причин лежит скорее в неполноте наших знаний, чем в природе вещей. С накоплением знаний множественность пропадает». Джон Венн отмечает, что в основе множественности причин лежит то обстоятельство, что к определению действия мы относимся с меньшей требовательностью, чем к определению причины. В первом случае, говорит Венн, мы «удовлетворяемся ограниченным числом последующих, хотя бы одним», тогда как в последнем «мы настаиваем на введении всех предшествующих». «Если бы,

— заключает Венн, — принимались во внимание все предшествующие и все последующие, любая из этих групп равно определяла бы вполне другую. От полного знания одной можно было бы безошибочно заключать о другой». Нетрудно заметить, что точка зрения Дж. Венна совпадает с тем, что говорил по этому вопросу В. Минто.

Итак, мы видим, что обычное понимание множественности причин целиком лежит в русле лапласовского детерминизма (сравните, например, последнюю фразу Венна в предыдущем абзаце с известным рассуждением Лапласа об обширном уме). Теперь обратимся непосредственно к тому, как анализирует интересующую нас проблему сам А.А. Чупров.

**2.18.** Чупров начинает с того, что отвергает возможность выявлять на основе наблюдений и экспериментов (по крайней мере, в большинстве случаев) все надлежащие исследованию причины и следствия. Исследователь, говорит он, не в состоянии облекать результаты опыта в желанную форму (причины «А»+«В»+«С» имеют своим следствием «А<sup>1</sup>»+«В<sup>1</sup>»+«С<sup>1</sup>»), и он вынужден бывает, как правило, добавлять к причинам и следствиям, которые перечислены в явной форме («А», «В», «С», «А<sup>1</sup>», «В<sup>1</sup>», «С<sup>1</sup>»), некоторые такие, которые хотя доподлинно неизвестны, но входят, как выражается Чупров, инкогнито<sup>1</sup> в комплекс причин или следствий (или в оба одновременно). Именно поэтому наблюдения дают лишь право утверждать, что причины «А»+«В»+«С»+«Х» имеют своим следствием события «А<sup>1</sup>»+«В<sup>1</sup>»+«С<sup>1</sup>»+«У<sup>1</sup>», где «Х», не охватывая собой всего состояния вселенной, представляет собой неизвестную, но вполне определённую величину<sup>2</sup>. Между тем, пишет Чупров, «если бы мы обладали знаниями всеобъемлющего разума, о котором говорит Лаплас, то вместо Х без труда поставили бы в нашу формулу Д или Е и могли бы

<sup>1</sup> Сравните это с современным понятием скрытых параметров.

<sup>2</sup> Не исключено, однако, что в некоторых случаях «Х» может быть нам известна.

---

после того вести дальнейшие рассуждения вполне уверенно» (с. 110).

Данное положение развивается А.А. Чупровым следующим любопытным образом. Явления, говорит он, которые исследуются наукой, представляют собой, как правило, сложные образования. Те события «А», «В», «С»... и «А<sup>1</sup>», «В<sup>1</sup>», «С<sup>1</sup>»..., между которыми необходимо установить наличие или отсутствие причинно-следственной связи, являются на самом деле комплексами более простых причин и следствий. Поэтому, если даже «каждая простейшая причина однозначно связана со своим следствием, как то вытекает из определения причинной связи», все равно между сложными группами причин и следствий возможны многозначные связи — за одной причиной может следовать то одно, то другое действие, а одно действие может иметь несколько различных причин.

В самом деле, пусть сложные явления состоят из элементарных причин и следствий, причем элементарные причины  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\varphi$ ,  $\sigma$ ... связаны взаимно однозначно с соответствующими элементарными следствиями  $\alpha'$ ,  $\beta'$ ,  $\varphi'$ ,  $\sigma'$ .... Если теперь сложное явление «А» состоит из элементарных причин  $\alpha + \beta + \varphi$ , а «А<sup>1</sup>» — из элементарных следствий  $\alpha' + \beta' + \varphi'$ , то между явлениями «А» и «А<sup>1</sup>», образуется взаимно-однозначная связь. Однако может случиться и так, что «А» не осуществится во всей полноте и в нем будет отсутствовать хотя бы одна из элементарных причин, например,  $\varphi$ . В таком случае в следствии «А<sup>1</sup>» также не будет одного элемента ( $\varphi'$ ), «и это, — говорит Чупров, — будет уже явление, похожее на А<sup>1</sup>, но не А<sup>1</sup>». Равным образом, если имеет место не весь комплекс элементарных следствий, из которых слагается «А<sup>1</sup>» (отсутствует, например,  $\varphi'$ ), то из этого следует, что в «А» также отсутствовала соответствующая элементарная причина ( $\varphi$ ) — «другими словами, что причина была не А, а нечто иное» (с. 114).

---

Нетрудно усмотреть, что при неполных «А» и (или) «А<sup>1</sup>» могут наблюдаться следующие три случая.

1. Следствие включает в себя меньше соответствующих элементарных единиц, чем причина, например  $A = \alpha + \beta + \varphi + \sigma$ , тогда как  $A^1 = \alpha' + \beta'$ . Вполне ясно в этом случае, что для того, чтобы осуществилось следствие «А<sup>1</sup>», вовсе нет необходимости, чтобы существовала причина «А». Достаточно, чтобы существовало такое явление «А\*», которое состоит из элементарных причин  $\alpha$ ,  $\beta$ , необходимых для осуществления следствий  $\alpha'$ ,  $\beta'$ . Таким образом, если  $\alpha$  и  $\beta$  налицо, то всегда и везде будет возникать явление «А<sup>1</sup>», независимо от того, с чем еще  $\alpha$  и  $\beta$  соединены. Поэтому любые явления «А», «В», «С», «Д»..., которые включают в себя элементы  $\alpha$  и  $\beta$ , являются причинами события «А<sup>1</sup>», если даже между собой «А», «В», «С», «Д»... резко различаются.

Очевидно, что данный случай представляет собой схему множественности причин.

2. Ситуация обратная: причина включает в себя меньше соответствующих элементарных единиц, чем следствие:  $A = \alpha + \beta$ ,  $A^1 = \alpha' + \beta' + \varphi' + \sigma'$ . В этом случае возникает явление (или, скорее, иллюзия) множественности следствий. В самом деле, если имеется некоторое множество явлений «А<sup>1</sup>», «В<sup>1</sup>», «С<sup>1</sup>», «Д<sup>1</sup>»..., каждый из которых включает в себя, наравне с другими элементарными единицами, также и  $\alpha'$  и  $\beta'$ , то все они, оставаясь различными, будут являться следствиями «А».

3. Наконец, случай, который объединяет первые два — это когда «А» и «А<sup>1</sup>» слагаются отчасти из соответствующих друг другу элементарных причин и следствий, а отчасти — из элементов, не связанных между собой никаким образом: например  $A = \alpha + \beta + \varphi$ ,  $A^1 = \alpha' + \beta' + \delta'$ . В этом случае, очевидно, связь между явлениями «А» и «А<sup>1</sup>» становится неоднозначной в обе стороны — она характеризуется одновременно и множественностью причин, и множественностью следствий.

---

Как видим, общая объяснительная схема Чупрова охватывает (кажущееся) явление неоднозначности целиком — как причины, так и следствия, и дает этому вполне ясную лапласовскую интерпретацию. Это, конечно, положительная сторона схемы, поскольку, как мы уже отмечали, неоднозначность следствия не подвергалась в достаточной мере анализу. Поэтому нам будет полезно ознакомиться, каким образом Чупров прикладывает свою схему непосредственно к случаям множественности следствий.

Приступая к проблеме, Чупров констатирует тот факт, что уделяя немало внимания множественности причин, логики совершенно игнорируют множественность действий. Впрочем, об этом уже говорил Дж. Венн, когда он удивлялся, что «мы постоянно слышим о множественности причин и никогда о множественности действий» (цит. по: Чупров, 1959, с. 117). И Чупров поддерживает Венна, который спрашивает: «Откуда взяться такому различию между причиной и следствием, что следствие может быть производимо многими причинами, а причина вполне определяет действие» (там же, с. 119). Более того, Чупров согласен оценивать этот вопрос Венна как решающий аргумент в споре о логическом характере миллевской концепции множественности причин: «обычное представление о причинной связи, — пишет он, — действительно носит вполне симметричный характер; причина и следствие входят в него на одинаковых правах, и если отвергать множественность действий, то нельзя не отвергнуть и множественности причин» (с. 119). Однако Чупров идет дальше: «Но альтернатива, — говорит он, — «или нет множественности следствий, но тогда нет и множественности причин, или допускается множественность причин, но тогда должна быть допущена, множественность действий» мирится и с положительным решением» (с. 119—120).

Как видим, Чупров не ограничивается «устрашением» множественностью следствий, поскольку он допускает возможность такого явления, более того, он даже полагает, что в научной практике множественность действий играет, по существу, важную роль, и именно с этим фактом тесно соприкасается оживленно дискутируемая теория вероятностей. Поэтому свою задачу Чупров видит в осмыслении явления множественности следствий в рамках лапласовского детерминизма — иными словами, в согласовании этого явления с принципом однозначности причинно-следственных связей.

Рассмотрим пример, на котором обычно иллюстрируются теоремы математической теории вероятностей. Допустим, спрашивается, какой шар — белый либо черный — будет наугад вынут из урны, в которой лежит « $n$ » белых и « $n$ » черных шаров. Ответ один: либо черный, либо белый — точнее ответить невозможно. Перед нами, говорит Чупров, типичный случай множественности действий — одна причина может привести к двум различным следствиям. То же самое возникает и при бросании, например, монеты — возможны два результата — падение на орла либо падение на решку. Подобных примеров, иллюстрирующих теорию вероятностей, бесчисленное множество. Присматриваясь к ним «мы неизменно встречаем в них одну и ту же логическую структуру, несмотря на крайнее разнообразие деталей». (с. 120). В чем же здесь, собственно, дело? — спрашивает Чупров. Откуда появляется такая неопределенность действия? Почему рассматриваемые причины оставляют возможными несколько разных следствий? «Корень множественности, — отвечает он, — как легко убедиться, именно в том, что мы сравнительно простую причину пытаемся привести в связь с более сложным действием» (с. 120). Например, в случае с монетой мы в причину не включаем *всех* предшествующих рассматриваемого действия. «Если, — говорит Чупров, — мы сверх тех элементов, которые уже приняты во внимание, привлечем также начальное положение монеты и определим характер данного монете толчка, то неопределенность действия пропадает. Такой

---

дополнительный комплекс причин будет уже стоять с действием в связи *вполне однозначной*» (с. 120—121).

К сходному результату, очевидно, мы можем придти и другим путем. В самом деле, нетрудно понять, что если неоднозначность происходит именно из-за (несоответствующей следствию) простоты причины, то можно либо усложнить причину (как только что об этом говорилось), либо же упростить следствие. Касательно примера с монетой это означало бы, говорит Чупров, что с броском (причиной) связывалось бы не выпадение либо орла, либо решки (два следствия), а выпадение орла-решки (то есть выпадение хотя бы одной стороной, все равно какой); «такое действие будет стоять с ней в связи определенной: рассматриваемый комплекс причин предreshает, что монета не станет на ребро и не повиснет в воздухе» (с. 121). Очевидно, что аналогичным образом может быть проанализирован и пример с урной и любой другой подобный ему пример (поскольку все они имеют одну и ту же логическую структуру).

Таким образом, «множественность действий, как и множественность причин, не представляет из себя... реального факта, «лежащего в природе вещей» и меняющего наше представление о причинности... Множественность как причин, так и действий получается благодаря неумению выделять среди предшествующих и последующих группы элементов, слагающиеся лишь из соответствующих друг другу элементарных причин и следствий» (с. 121—122). Теоретически мы всегда имеем возможность устранить и множественность действий (индивидуализируя следствия), и множественность причин (индивидуализируя причины и обобщая действия). Однако в действительности условия научной работы не позволяют оперировать лишь такими понятиями, применение которых исключало бы множественность. Поэтому, «исходя из представления о безусловно-однозначной причинной связи, не допускающей ни множественности причин, ни множественности следствий, мы, тем не менее, оказываемся вынужденными, в силу технических условий номографической работы,

---

считаться и с множественностью причин, и с множественностью следствий как с фактом.... Мы видим, как на почве основной концепции неразрывной причинной связи вырастают, нисколько ей не противореча, более запутанные формы причинных взаимоотношений, далекие от подобной неразрывности» (с. 114, 124).

**2.17.** Итак, более или менее подробное знакомство с эволюцией (в рамках лапласовского детерминизма) миллевской концепции множественности причин позволяет нам предположить, что мы не очень ошибемся, если за основополагающую идею классического детерминизма примем именно идею однозначной связи между причинами и их следствиями — или, говоря более современным языком, идею однозначной детерминированности событий (разумеется, наравне с идеей причинной обусловленности всякого явления). При этом мы должны помнить, что концепция лапласовского детерминизма допускает возможность и неоднозначности такой связи, однако только при условии, что *на самом деле* связь эта все же однозначна; различие между «фактической неоднозначностью» и «однозначностью на самом деле» обуславливается, как мы сейчас сказали бы, присутствием в явлениях скрытых параметров («вхождением инкогнито» по А.А. Чупрову).

Но если все это так, то вполне ясно, что концепция, претендующая на статус неклассической, должна покоиться, прежде всего, на отрицании идеи однозначной детерминированности,<sup>1</sup> причем, получаемая при этом неоднозначность

<sup>1</sup> Что касается идеи причинной обусловленности всех событий, то она в современной физике не отвергается никем из серьезных ученых. Макс Борн, автор индетерминистской интерпретации квантовой механики, пишет: «Часто повторяемое многими утверждение, что новейшая физика отбросила причинность, целиком необоснованно. Действительно, новейшая физика отбросила или видоизменила многие традиционные идеи; но она перестала бы быть наукой, если бы прекратила поиски причин явлений» (Борн, 1973, с. 144). Если под детерминизмом понимать причинность, то эти слова буквально совпадут с тем, что говорил по этому поводу Анри Пуанкаре: «Наука явно детерминистична, она такова по определению. Недетерминистической науки не может существовать, а мир, в котором не царит детерминизм, был бы закрыт для ученых» (Пуанкаре, 1983, с. 489).

---

должна быть такой, чтобы она не совпадала с уже существующей со времен Дж. С. Милля неоднозначностью в классическом смысле. Собственно, именно на это и нацелено, по-видимому, используемое в методологической литературе понятие принципиальной случайности (или, как мы предпочитаем называть, принципиальной стохастичности).

### **Выводы**

**2.18.** Чтобы яснее представить, в каком именно направлении теперь нам следует двигаться, полезно было бы здесь дать краткое резюме тех выводов, к которым мы можем (с приемлемой долей риска) прийти на основе предыдущего изложения.

Мы убедились, что большинство современных физиков полагает, что в науку должно быть введено новое понятие принципиальной случайности. Сущность последнего заключается прежде всего в том, что классическое понятие статистической закономерности применяется не к тем случаям, для которых оно было создано, то есть, к ансамблям, а к случаям, для которых понятие статистической закономерности не могло применяться — к единичным объектам. При этом на основе серьезного фактического материала делается чрезвычайно важное заявление о том, что принципиально случайное событие должно быть воспринято без предположений о наличии каких-либо ненаблюдаемых параметров, скрытно делающих событие вероятностным.

Однако не все физики согласны с этим. Они пытаются на основе тех же фактических данных построить теорию, допускающую наличие в наблюдаемых событиях скрытых параметров. Что для нас здесь представляет основной интерес — это то, что ни сам фактический материал, ни вероятностная сущность

событий микромира никем не отвергается — и не это разделяет физиков на два лагеря. Единственное, что делает их непримиримыми и является основой для затянувшейся дискуссии — это проблема наличия или отсутствия в случайных событиях ненаблюдаемых, или скрытых параметров. Именно идея вероятностного поведения единичных объектов без скрытых параметров наталкивается на психологический барьер, который Эйнштейн называл «научным инстинктом».

Такая ситуация, с первого взгляда не очень ясная, прояснилась, когда мы обнаружили, что именно это — то есть идея наличия в любых случайных событиях скрытых параметров (идея однозначности) составляет суть той концепции детерминизма, которая на протяжении всего развития науки лежала в основе научной картины мира. В сильнейшей мере определяя виденье мира ученым, идея однозначности событий приобрела качество «научного инстинкта».

В таком случае возникает естественный и чрезвычайно любопытный вопрос — каким образом та часть физиков (и солидаризирующихся с ними методологов), которая придерживается концепции нового детерминизма, преодолевает укоренившийся психологический барьер однозначности и объясняет явление вероятностного поведения единичных систем.

Однако, прежде чем приступить к систематическому анализу этого вопроса, нам необходимо решить ряд дополнительных вопросов. При этом нам хотелось бы специально подчеркнуть, что самой проблемы причинности мы, как и до этого, касаться не будем. Во-первых, в этом нет необходимости, поскольку этой обширной проблеме посвящена не менее обширная литература. Во-вторых, в задачи данной книги проблема причинности не входит вообще; у нас вполне конкретная цель — разобраться в понятии неоднозначности, примененной к факту детерминации

событий, и тем самым уяснить, что составляет сущность той идеи, на основе которой мы могли бы говорить о неклассическом детерминизме. Только этот вопрос и будет предметом нашего исследования.

### Глава 3

## ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СТОХАСТИЧНОСТЬ

**3.1.** Знакомство с концепцией лапласовского детерминизма показало нам, что всякая теория детерминизма, которая сохраняет принцип однозначной обусловленности событий, может быть ассимилирована лапласовской концепцией и может, поэтому, претендовать лишь на статус одного из ее вариантов. Это положение распространяется, очевидно, и на современный детерминизм. При условии сохранения в нем принципа однозначности, под современным детерминизмом следует понимать обогащенный (либо уточненный) лапласовский детерминизм (так, как понимается, например, теория Огюста Курно), но не новую концепцию. Чтобы концепция детерминизма была новой — *неклассической*, — она должна преодолеть, по крайней мере, одну идею — идею однозначности; отрицание последней если даже и не достаточно для *создания* такой концепции, то, по крайней мере, необходимо для этого.

### Понятие неоднозначности

**3.2.** Поскольку наличие неоднозначности является необходимым признаком любого варианта нелапласовской концепции детерминизма, то испытание ее по этому признаку будет представлять собой одновременно и испытание концепции на «классичность» и «неклассичность». Это делает важным для нас ясное понимание сущности понятия неоднозначности — очевидно, что без такого понимания оно не может выполнять функцию эффективного критерия. Между тем, как мы уже говорили, в литературе анализ этого понятия фактически не предпринимался. Именно

---

поэтому зачастую трудно бывает понять, что, собственно, выдвигается взамен, когда тот или иной автор отвергает жесткую однозначность лапласовского детерминизма.

Часто говорят, что в силу неоднозначности поведения единичного объекта его конечное состояние (или результат его поведения) не вытекает однозначно из начальных условий (то есть из начального состояния объекта и внешних условий). Эта мысль выражается по-разному. Например, Поль Дирак следующим образом высказывается в «Принципах квантовой механики»: «Если — говорит он, — производится наблюдение над атомной системой, которая находится в заданном состоянии, то результат, вообще говоря, не будет детерминированным, то есть повторяя опыт при *одинаковых* условиях несколько раз, мы будем получать *различные* результаты» (Дирак, 1979, с. 26). Обратим внимание, что для Дирака отсутствие детерминизма равнозначно получению различных результатов при одинаковых условиях. Так же понимает вероятностную природу поведения микрообъектов В.А. Фок, когда он пишет о том, что «необходимость рассматривать понятие вероятности именно как существенный элемент описания, а не как признак неполноты наших знаний вытекает уже из того факта, что при данных внешних условиях результат взаимодействия объекта с прибором не является, вообще говоря, предопределенным однозначно, а обладает лишь некоторой вероятностью. При *фиксированном* начальном состоянии объекта и *заданных* внешних условиях серия таких взаимодействий приводит к статистике, соответствующей определенному распределению вероятностей» (Фок, 1976, с. 15—16).

Мы видим, таким образом, что неоднозначность поведения системы связывается в данном случае с отсутствием однозначной связи между состоянием системы в начальный момент времени  $t^0$  и ее состоянием в последующий момент времени  $t'$ . Однако уже здесь возникают неясности. Однозначно ли поведение

---

системы за промежуток времени  $A_t$ , равный разности  $t'$  и  $t^0$ ? Иными словами, если мы будем брать все более короткие отрезки времени, отделяющие конечное состояние системы от ее начального состояния, то будет ли *всегда* существовать неоднозначность перехода из начального состояния в конечное? Некоторые авторы полагают, что не всегда; таково, например, мнение В.И. Купцова, который считает, что «динамическая связь существует лишь локально, то есть между различными состояниями системы, разделенными достаточно малыми промежутками времени» (Купцов, 1976, с. 223). Следовательно, согласно этому взгляду, каждое следующее состояние системы детерминируется предыдущим состоянием все-таки *однозначно*, и неоднозначность возникает лишь в том случае, когда конечное состояние достаточно удалено во времени от начального состояния. Для того, чтобы сделать внутренне согласованной мысль о том, что каждый переход системы из одного состояния в другое был однозначным и в то же время через некоторое количество шагов система пришла в состояние, не вытекающее однозначно из начальных условий, необходимо, очевидно, предположить, что за время  $A_t$  система подвергалась внешним воздействиям (если сама она не меняется) и это привело к возмущению ее поведения.

С подобным представлением о неоднозначности поведения систем мы встречаемся сплошь и рядом. В конкретном виде оно выступает как утверждение о том, что однозначная детерминированность *возможна* лишь при условии, что система, поведение которой мы пытаемся предсказать, изолирована от окружения. Пока система остается изолированной, ее поведение остается *однозначно* детерминированным. Именно это утверждает, например, Д.И. Блохинцев в «Основах квантовой механики» (1976, с. 622—623). То же самое говорит П. Дирак; он пишет: «Условия причинности применимы лишь к системе, которая не подвергается возмущениям... Мы

---

будем по-прежнему предполагать, что условие причинности применимо к невозмущенной системе и что уравнения, описывающие эту систему, есть дифференциальные уравнения, описывающие причинную связь между обстоятельствами в начальный момент и обстоятельствами в последующие моменты времени» (Дирак, 1979, с. 14—15).

Совершенно ясно, что *так* понятая идея неоднозначного детерминизма не является принципиально несовместимой с концепцией лапласовского детерминизма (см. об этом подробнее дальше). Здесь речь идет не о неоднозначности поведения системы вообще, а лишь о некотором частном факте, сводящемся к тому, что если условия, при которых осуществляется поведение системы, изменяются (внешние возмущения), то при одном и том же начальном состоянии система может вести себя различным (*но соответствующим измененным условиям*) образом. Иными словами, в данном случае утверждается, во-первых, что можно таким образом повлиять на систему, чтобы поведение ее стало непредсказуемым, а во-вторых, что неизолированная система за достаточно большой промежуток времени обязательно испытает подобные возмущающие влияния со стороны своего окружения.

Хотя это верно, однако это не совсем то, что чаще всего хотят выразить через понятие Принципиальной стохастичности. По крайней мере, никак нельзя так понять Ричарда Фейнмана, когда он пишет следующее: «...Здесь мы предполагаем, что вероятность лежит в самой основе всего, что подсчет шансов начинается уже с фундаментальных законов физики... По-видимому, это в какой-то степени неотъемлемое свойство природы. Кто-то выразился об этом так: «Даже сама природа не знает, по какому пути полетит электрон» (Фейнман, 1968, с. 160—161). Нетрудно видеть, что «научный инстинкт» ученого, о котором говорилось до этого, может восстать именно против *подобного* утверждения о природе,

но не против того, что поведение системы может быть возмущено до непредсказуемости.

Кроме того, большинство фактов, которые заставили (и заставляют поныне) физиков и методологов говорить о принципиальной стохастичности поведения микрообъектов таковы, что они более подходят под заявление о том, что «сама природа не знает, что будет делать частица». Чтобы не показаться голословным, приведем в подтверждение этому несколько наиболее ярких фактов из современной физики (это, кроме всего, поможет нам почувствовать себя более уверенным, когда позже будем предлагать дефиницию понятия принципиальной стохастичности).

### **Неоднозначность в микромире**

**3.3.** Одним из первых фактов такого рода, пробившим брешь в незыблемости лапласовского детерминизма, был, конечно, процесс спонтанного радиоактивного распада атома. Наиболее красочное описание стохастичной сущности этого процесса было дано Максом Планком в 1914 году в одной из его юбилейных речей. Какой-нибудь атом, говорил он, пролежав многие миллионы лет среди своих соседей — точно таких же атомов — совершенно пассивно и нисколько не изменяясь, «внезапно позорит свое имя неизменного атома и взрывается без всякого видимого повода в течение бесконечно малого промежутка времени»: между тем, другой такой же атом, который ничем не отличается от первого, может продолжать оставаться в полной пассивности к неизменности, пока столь же внезапно не наступит его черед взорваться. «Всякая попытка высказать хотя бы какое-нибудь предположение о динамических законах радиоактивного распада, — замечает Планк, — представляется в настоящее время совершенно безнадежной, особенно если вспомнить, как безуспешны оказались все старания повлиять на радиоактивные явления путем внешних воздействий» (Планк, 1966, с. 100—101). Говоря это, Планк, по-видимому, все-таки надеялся,

---

что динамические законы распада радиоактивных атомов будут когда-нибудь выявлены. Однако с того времени прошло уже более 70 лет, а абсолютная стохастичность этого процесса все еще остается непоколебленной. Более того, создается впечатление, что вообще никогда не будет возможно указать причины, по которым данный атом (из всех *тождественных* ему атомов) в данный момент времени должен распасться. Радиоактивный распад — это, по общему убеждению, принципиально вероятностный процесс, не зависящий ни от полноты наших знаний, ни от умения предсказывать поведение системы.

Совершенную аналогию распаду радиоактивных атомов составляет распад нестабильных элементарных частиц. Если, например, в мишени ускорителя создать большое число пи-мезонов, то окажется, что некоторые из них в очень скором времени распадутся (на мю-мезон и нейтрино), тогда как другие такие же пи-мезоны проживут гораздо дольше. Здесь вновь демонстрируется принципиальная стохастичность процесса распада, никак не зависящая от предсказательных способностей наблюдателя. «Можно, — пишет, например, Кеннет Форд, — знать все о пи-мезоне и все же не быть в состоянии предсказать момент его распада... Каждый пи-мезон может погибнуть гораздо раньше своих компаньонов, а может пережить их всех» (Форд, 1965, с. 76, 74).

Ту же картину представляет собой, например, распад нейтрона. Образовавшись в результате какой-либо реакции (например, распада ядра урана), нейтрон может тут же распасться и превратиться в протон (испустив предварительно электрон и антинейтрино); однако нейтрон с тем же успехом может и не распасться — оба случая абсолютно равновозможны. Кроме этого, как и в случае радиоактивного атома, вероятность того, что уцелевший нейтрон распадется в следующий момент времени, не меняется со временем; распад нейтрона совершенно не зависит от того, сколько времени он уже просуществовал. По образному выражению одного из физиков, распад нейтрона — это не «смерть от старости», а «несчастный случай» в жизни частицы.

Неоднозначность поведения объектов микромира демонстрируется, кроме того, принципиальной стохастичностью способа (или канала, как принято говорить в физике), по которому происходит процесс распада. В одних случаях, например, радиоактивный атом может распасться, испустив альфа-частицу, в других же случаях — бета-частицу. Не существует способа, который позволил бы заранее предсказать, каким именно образом распадется тот или иной радиоактивный атом. Вообще, для одного и того же микрообъекта может существовать много каналов распада, и какой из них выберет данный объект в момент распада — абсолютно непредсказуемо (хотя каждому из каналов соответствует своя определенная вероятность).

Например, такая нестабильная элементарная частица, как  $K^0$  - мезон, может распасться следующими пятью различными способами:

$$K^0 \rightarrow 3\pi^0$$

$$K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$$

$$K^0 \rightarrow \pi^\pm + \mu^\mp + \nu$$

$$K^0 \rightarrow \pi^\pm + e^\pm + \nu$$

$$K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$$

Какой из этих каналов выберет тот или иной  $K^0$ -мезон представляет собой исключительно вероятностный факт.

Еще более разнообразны каналы распада другого  $K$ -мезона —  $K^+$ -мезона:

$$K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$$

$$K^+ \rightarrow \pi^0 + \pi^+$$

$$K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^-$$

$$K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0 + \pi^0$$

$$K^+ \rightarrow \pi^0 + \mu^+ + \nu$$

$$K^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu$$

---

Эти и множество других аналогичных примеров (например, тот факт, что при столкновении двух протонов может совершенно случайно породиться либо два пи-мезона с двумя К-мезонами, либо пять пи-мезонов и т.п.) убедительно показывают сугубо вероятностную природу этих процессов, не зависящую ни от каких внешних условий. Здесь мы наблюдаем неоднозначность поведения единичной системы в подлинном смысле — как *всегда* неоднозначное поведение, независимо от того, изолирована наблюдаемая система или нет. Впрочем, некоторые сторонники идеи о том, что неоднозначность поведения проистекает из неизолированности системы, сами признают, как это делает, например, Д.И. Блохинцев, что «в жизни вселенной нельзя игнорировать элемент азартной игры: если бы мы решились на минуту признать бога или другую направляющую силу, то все же мы были бы обязаны признать, что бог или нечто ему эквивалентное имеет некоторую склонность к азартным играм...» (Блохинцев, 1966, с. 6). «В квантовой механике, — говорит Блохинцев в другом месте, — элемент случайного заложен в самих ее основах... Вступая в область квантовых явлений, мы должны отрешиться от уютных иллюзий детерминизма и признать существование игры в природе. Каждый раз, как происходит квантовый переход, в природе осуществляется выбор среди различных возможностей» (Блохинцев, 1976, с. 624).

Эта метафора азартной игры, впервые использованная Эйнштейном, касается самого существа рассматриваемого нами вопроса — природы неоднозначной детерминированности. Там, где можно говорить об азартной игре, уже нельзя говорить об однозначности никакого изменения состояния системы; кроме того, очевидно, что при подобном понимании неоднозначность не может быть приписана возмущающему влиянию внешних сил. Именно поэтому Эйнштейн пользовался метафорой азартной игры, чтобы показать полнейшую неприемлемость идеи принципиальной стохастичности его «научным инстинктом».

С точки зрения интересующего нас вопроса характерны слова Макса Борна, высказанные им по поводу одного из писем Эйнштейна, где он (Эйнштейн) пишет, что верит в царящую в мире строгую закономерность и не может верить, подобно Борну, в бога, играющего в кости: «Если бог, — замечает по этому поводу Макс Борн, — и сотворил мир в виде совершенной механической системы, то нашему несовершенному разуму он позволил по меньшей мере столько, что для предсказания малой части процессов в этой системе мы, безусловно, не должны решать бесчисленные дифференциальные уравнения, а с надеждой на успех можем взять игральные кости» (Борн, 1963, с. 186). Мы уже говорили, что с понятием неоднозначности в концепциях детерминизма не все ясно. Здесь мы имеем возможность убедиться в этом: из слов Борна трудно понять, чем все же обусловлена необходимость бросания игровых костей — тем ли, что сами процессы в мире неоднозначны (против чего, собственно, и возражал Эйнштейн), либо тем, что «наш разум несовершенен» (против чего ни Эйнштейн, ни Лаплас не стали бы возражать).

### **Идея стохастичности в кибернетике**

**3.4.** Выше мы отметили, что в литературе, посвященной проблеме детерминизма, не существует сколько-нибудь развернутого анализа понятий неоднозначности и однозначности поведения систем, и это несмотря на то, что современный детерминизм характеризуется в качестве идеи, нацеленной прежде всего на преодоление жесткой *однозначности* детерминации (в лапласовской концепции). Но наше замечание касалось только литературы, посвященной современному детерминизму. Между тем эти понятия подвергались самому тщательному анализу, правда, в другой связи, в теоретической кибернетике.

---

В известной книге Уолтера Росса Эшби «Введение в кибернетику» мы находим необходимый для их рассмотрения понятийный аппарат и чрезвычайно ясное различие однозначного поведения от стохастического. В нашем анализе этих понятий применительно к интересующей нас проблеме мы воспользуемся представлениями и терминологией, выработанными в рамках теоретической кибернетики как обладающими достаточно четким содержанием. Это позволит нам, с одной стороны, не углубляться в детали дефиниций и быть уверенным, что используемые понятия имеют вполне однозначный смысл. С другой стороны, в ходе рассуждений мы будем чувствовать за собой опыт такой достаточно строгой науки, какой является кибернетика (что само по себе немаловажно).

**3.5.** Взяв за основу терминологию, принятую в работах У.Р. Эшби (1959, 1962), и следуя его изложению, введем основные понятия. Прежде всего определим термины, посредством которых выражается такое фундаментальное понятие, каким является понятие изменения.

Очевидно, что для того, чтобы можно было говорить об изменении чего-либо, мы наряду с тем, что должны уметь различать две вещи, которые на самом деле различны, должны также различать два разных состояния одной и той же вещи, отделенных друг от друга временным интервалом. Если мы умеем делать последнее, то приобретает самостоятельный интерес вопрос о том, насколько малым должен быть тот временной отрезок, за который данная вещь переходит из одного состояния в другое.

Несмотря на то, что во многих случаях объекты, за которыми мы наблюдаем, изменяются непрерывно, ряд авторов (в том числе и У.Р. Эшби) полагает однако, что часто бывает проще и удобнее описывать изменение объектов так, как будто оно происходит конечными шагами. При этом предполагается, что от такого дискретного рассмотрения явлений ничего практически не теряется и что оно может быть при

желании всегда переведено в непрерывную форму. (Эшби идет еще дальше и утверждает, что «непрерывность, приписываемая природным событиям, вносится в них воображением наблюдателя, а не фактическим наблюдением каждой из бесконечного числа точек», поскольку «наблюдения природных явлений производится почти неизменно через дискретные интервалы» (Эшби, 1959, с. 49)).

Дальнейшая терминология предполагает дискретное изменение состояния системы и конечность различий между любыми двумя нетождественными состояниями.

**3.6.** Допустим теперь, что мы наблюдаем за изменением какой-либо вещи под воздействием некоторого определенного фактора: например, под воздействием тепла ртутный столб, который доходил до первой отметки, поднялся на две единицы выше. В этом случае то, что подвергается действию со стороны внешнего фактора и в силу этого изменяется, будем называть операндом (в данном примере это будет ртутный столб высотой в одну единицу), а воздействующий на операнд внешний фактор — оператором; далее, то, во что превратился операнд, будем называть образом (ртутный столб высотой в три единицы), а изменение операнда в образ — переходом (операнда в образ). При этом отметим, что всякий единичный переход определяется двумя состояниями системы, причем должно быть указано, какое из них было первым, а какое — вторым.<sup>1</sup>

Множество единичных переходов для некоторого множества операндов образует преобразование. Простейшим примером преобразования может служить, например, кодирование букв алфавита, когда взамен каждой из букв записывается либо другая

<sup>1</sup> Следует подчеркнуть, что первое состояние не обязательно должно отличаться от второго. Если они совпадают, то есть операнд фактически не изменяется и совпадает с образом, то такой переход (и преобразование, см. дальше) является тождественным переходом (и тождественным преобразованием).

буква, либо число, либо какой-либо другой символ, вроде следующего:

$$\begin{array}{ccccccc} A & B & C & \dots & X & Y & Z \\ 1 & 2 & 3 & \dots & 21 & 22 & 23 \end{array}$$

Если преобразование выглядит именно таким образом, то есть если каждый операнд может перейти только в один образ, то такое преобразование является однозначным (в одну сторону). Преобразование будет, очевидно, взаимно однозначным, если все образы будут отличаться друг от друга. Нетрудно видеть, что выписанное преобразование взаимно однозначно.

Наконец, преобразование называется замкнутым, если множество образов образует подмножество множества операндов.

**3.7.** Этих простых определений достаточно, чтобы ввести чрезвычайно важное понятие детерминированной системы (или машины).

Детерминированной является такая система (или машина), которая ведет себя так же, как замкнутое однозначное преобразование. Сущность детерминированности системы заключается, как это явствует из определения, в том, что изменения свойств системы являются регулярными и воспроизводимыми. Иными словами, если система из некоторого выделенного состояния  $a$  переходит в состояние  $b$ , то каждый раз, когда мы приводим систему в состояние  $a$ , она в следующем шаге вновь переходит в состояние  $b$ . Это означает, что из любого «начального состояния»<sup>1</sup> детерминированная

<sup>1</sup> Под начальным состоянием (и вообще состоянием системы) не следует подразумевать только некоторые единичные свойства системы. Состояние может быть и вектором; более того, и составляющие вектора могут сами быть векторами и т.д.

система всегда будет проходить одну и ту же последовательность состояний. (Именно такие системы изучаются У.Р. Эшби в «Конструкции мозга», где они выступают под названием абсолютной системы, или системы, определяемой состоянием (Эшби, 1962, § 2.15)).

Как уже было сказано, для того, чтобы судить о том, проходит ли система одну и ту же последовательность состояний или разные последовательности, мы должны уметь идентифицировать тождественные свойства системы и отличать нетождественные. Поэтому под состоянием системы понимаются такие свойства, которые точно определены и которые поддаются процедуре идентификации и различения.

Изменение состояний во времени образует некоторую определенную последовательность, которая задает траекторию, или линию поведения системы. Если данная траектория определяется последовательностью состояний детерминированной системы, то в этом случае никакое из состояний не может перейти сразу в более чем одно состояние; иными словами, образ всякого операнда всегда будет однозначным. А поскольку это так, то, зная матрицу преобразования (то есть зная, какой образ соответствует каждому из операндов) и зная начальное состояние, мы всегда можем — получить точную линию поведения детерминированной системы. Этот процесс определения траектории по заданному преобразованию и некоторому начальному состоянию называется интегрированием преобразования. Легко понять, что преобразование, которое является каноническим представлением детерминированной системы, *всегда* интегрируемо.

**3.8.** Теперь мы введем понятие стохастического преобразования. После сказанного нетрудно понять, как это будет сделано.

Недетерминированное преобразование прежде всего характеризуется тем, что оно включает в себя неоднозначные переходы; при недетерминированных преобразованиях некоторые или все операнды имеют более чем один образ. Следовательно, мы рассматриваем такой случай, когда операнд может перейти не в некоторый

для него определенный образ, а в один из нескольких возможных образов (или состояний). При этом на преобразование накладывается ряд ограничений с тем, чтобы переход данного операнда в одно из возможных состояний происходил с одной и той же вероятностью. Последнее обстоятельство делает недетерминированное преобразование упорядоченным.

В отличие от преобразования, приведенного выше, (кодирования алфавита), в данном случае схема выглядит иначе, например так:

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	...	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>
1	3	5	...	41	43	45
или	или	или	...	или	или	или
2	4	6	...	42	44	46

При этом должно быть указано, какова вероятность того, что *A* перейдет не в 1, а в 2, а *B* перейдет не в 3, а в 4 и т. д.

Таким образом, мы видим, что в случае, когда преобразование включает в себя неоднозначные переходы, линия поведения системы не определяется однозначно начальным состоянием системы и способом его изменения (матрицей преобразования): в этом случае определяется лишь множество возможных траекторий. Такие преобразование, а также множество производимых им линий поведения, называются стохастическими. Ясно, что стохастическое преобразование не интегрируемо.

Введение понятия стохастического преобразования позволяет говорить о новом типе систем (или машин), воплощающих это преобразование. Если для детерминированных систем мы могли предсказать по любому наличному состоянию ее следующее состояние (то есть, фактически, интегрировать воплощаемое ею преобразование), то для нового типа систем этого мы уже делать не можем. Для недетерминированных систем возможно лишь предсказание вероятности,

с которой мы должны ожидать перехода данного состояния в одно из возможных. Но при этом необходимо, если мы хотим говорить об одной и той же системе, чтобы все вероятности перехода были постоянные (то есть существовала определенная матрица переходных вероятностей). Описываемые здесь системы, состояния которых изменяются не однозначно, а в соответствии с матрицей переходных вероятностей, то есть в соответствии со стохастическим преобразованием, образуют новый класс систем, называемых марковскими машинами. Между детерминированным и стохастическим преобразованиями существует определенное отношение. Оно состоит в том, что детерминированное преобразование является таким стохастическим преобразованием, при котором все вероятности перехода состояний равны нулю или единице. Это означает, что однозначно детерминированное преобразование представляет собой лишь предельный случай более общего стохастического преобразования, которое является ни чем иным, как обобщением однозначного преобразования.

В соответствии с этим устанавливается также отношение между детерминированной системой и марковской машиной. Последняя выступает в качестве расширения понятия детерминированной машины (или системы) и становится тождественной ей, когда вероятность перехода в точности равна единице или нулю.

**3.9.** В связи с рассмотренными сейчас понятиями однозначного и стохастического преобразований, а также детерминированных и марковских машин нам хотелось бы обратить внимание на следующее обстоятельство, представляющее для нас (в связи с занимающим нас вопросом детерминации) существенный интерес. Чтобы было ясно, о чем идет речь, рассмотрим следующее рассуждение, содержащееся во «Введении в кибернетику» У.Р. Эшби,

Во многих случаях, говорит Эшби, когда исследователь пытается описать поведение той или иной реально существующей динамической системы,

---

последняя не оказывается детерминированной. Подобное затруднение, отмечает Эшби, вполне типично для научных исследований и носит принципиальный характер. Нашей целью является однозначное предсказание поведения системы, поэтому мы не можем отказаться от требования однозначности; мы хотим, чтобы преобразование было однозначным, но это нам не удастся. К счастью, говорит Эшби, выход из положения существует — для того, чтобы система стала детерминированной, надо ее переопределить.

Такая процедура возможна, поскольку система, по определению Эшби, не вещь, а перечень переменных. И не всякий набор переменных дает однозначное преобразование. «Истина, — пишет Эшби, — состоит в том, что в окружающем нас мире лишь некоторые множества факторов могут давать замкнутые однозначные преобразования» (Эшби, 1959, с. 64). Поэтому, задавая систему, мы всегда должны решать, какие именно переменные нужно принимать в расчет, чтобы поведение ее было детерминированным.

Выглядит ли данная система как детерминированная или как стохастическая нередко зависит от того, какая именно часть системы наблюдается. Некоторые реальные системы таковы, говорит Эшби, что иногда небольшого, казалось бы, изменения степени наблюдения бывает достаточно, чтобы перевести систему из одного класса в другой. Эту мысль Эшби поясняет следующим примером.

Предположим, что к цифровой вычислительной машине присоединена лента со случайными числами, которая определяет, какой именно процесс должна осуществить в данный момент машина. В таком случае для наблюдателя, от которого скрыта лента со случайными числами, выход машины безусловно недетерминирован. Между тем для другого наблюдателя, у которого имеется копия ленты, поведение машины является вполне однозначным. «Таким образом, — заключает Эшби, — вопрос: «Является ли эта машина в действительности детерминированной?» — не имеет

---

смысла и поставлен неправильно, если точно не определена наблюдаемая область» (Эшби, 1959, с. 322—323).

Все это, разумеется, так. Даже такая система, поведение которой совершенно хаотично, может быть переопределена таким образом (включены новые элементы или исключены некоторые имеющиеся), чтобы после этого она обнаружила вполне закономерное поведение. Однако здесь существует другой, быть может даже более важный (по крайней мере для нашей проблемы) вопрос — всегда ли существует (хотя бы в принципе) способ так изменить (в разумном смысле) область наблюдения, чтобы поведение системы стало однозначным<sup>1</sup>. Иными словами, всякая ли система (машина) стохастична только потому, что не найдена соответствующая область наблюдения (подробнее см. дальше). Это важный вопрос, и на него необходимо как-то ответить. (Мы полагаем, что так понятое слово «в действительности» делает приведенный Эшби вопрос вполне осмысленным).

Если на данный вопрос ответить утвердительно, то отсюда следует, что всякая выделенная машина, или система в действительности детерминируема. В противном случае, чтобы судить о том, каково в действительности ее поведение, надо решить, к какому классу она относится — к тому ли, для которого нужен способ переопределения существует, или же к такому, для которого такого способа нет.

<sup>1</sup> Говоря о способе изменения области наблюдения, мы не связываем его с какой-либо определенной формой познания; например, с микроскопичностью человеческого познания. Поэтому, если мы скажем, что такого способа не существует, то мы будем иметь при этом в виду, что его не существует ни для какой *мыслимой* формы познания. Иными словами, будет подразумеваться, что такого способа нет независимо от того, кто его ищет — макроскопическое, микроскопическое или мегаскопическое существо.

Это замечание мы сочли необходимым сделать, имея в виду то известное обстоятельство, что многие затруднения, связанные с познанием микромира, проистекают из того, что человек — макроскопическое существо и события микромира доступны ему только на языке макрособытий (см. например, Бор, 1961, с. 60; Гейзенберг, 1963, с. 35).

---

Разумеется, обсуждение этого вопроса не входило в намерение У. Р. Эшби, и он не был обязан рассматривать его только потому, что оно могло нас заинтересовать. Однако в контексте нашей книги именно это представляется чрезвычайно важным. Причем в данном случае не имеет значения, известны ли нам способы перевода системы из класса детерминированных в класс стохастических. Главное — предполагается ли, что система стохастична *только* для наблюдателя и может быть переопределена в однозначную, или же она полагается стохастичной независимо от того, как мы ее переопределим, то есть независимо от наблюдателя. Ясно, что если последнее не предполагается, то мы нисколько не выходим из рамки лапласовского детерминизма.

Конечно, если среди некоторого количества случайно выбранных переменных существует несколько таких, которые, будучи взяты вместе, обнаруживают вполне регулярное поведение (то есть однозначное изменение значений), то ясно, что, поискав и найдя это подмножество переменных, мы «сделаем» всю совокупность детерминированной (под всей совокупностью следует, очевидно, понимать найденное подмножество, поскольку все другие переменные были откинута как нежелательные). Однако неясным остается вопрос — почему *все* первоначальное множество было недетерминированным, и только после сужения<sup>1</sup> его оно стало детерминированным. Что, собственно, представляла собой эта случайно выбранная совокупность переменных и в силу чего она была недетерминированной. Другими словами, мы хотим подумать над тем, почему в известном нам мире лишь некоторые множества переменных способны давать однозначные преобразования<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> В частности, столь же эффективным могло оказаться и расширение его или и то, и другое вместе.

<sup>2</sup> Отметим, что однозначность преобразования не зависит от его замкнутости. Поэтому условием замкнутости в данном случае мы можем пренебречь.

Первое объяснение, которое, по-видимому, можно дать этому факту, вполне тривиально. Оно сводится к тому, что случайная совокупность переменных не образует детерминированную систему в силу того, что некоторые из них вообще не связаны между собой. Это означает, что изменение одной из переменных совершенно не зависит от изменения других. Очевидно, что говорить в этом случае об *одной* системе (детерминированной или не детерминированной) вообще не стоит. Несложно так же видеть, что этот случай по своей сущности соответствует идее независимых причинных рядов, о которой мы говорили выше.

Второе объяснение, которое мы можем здесь дать, менее тривиально, но оно целиком лежит в русле классической науки. Суть его заключается в том, что пытаясь упорядочить случайное множество переменных, мы упускаем из виду, что оно может быть упорядочено только в случае, если в нем содержатся *все* те переменные, которые необходимы для того, чтобы система была детерминированной. Другими словами, это объяснение основано на предположении о наличии в системе *скрытых переменных* (в широком смысле), которые не содержатся в случайной совокупности, но которые должны приниматься в расчет.

Метод переопределения системы, о котором говорит в своей книге Эшби, показывает, что он придерживается по этому вопросу второй из сформулированных точек зрения, и причину недетерминированности системы (стохастичности преобразования) он видит именно в наличии «скрытых параметров». Что это так, мы могли убедиться из приведенного им примера с цифровой вычислительной машиной, к которой присоединена лента со случайными числами — машина была недетерминирована относительно первого из наблюдателей именно потому, что содержала скрытые от него параметры (случайные числа). Все другие примеры Эшби свидетельствуют о том же.

---

Так, впервые рассматривая метод переопределения системы, Эшби иллюстрирует его случаем, когда усилия описать однозначно поведение системы-маятника оказываются тщетными в силу того, что маятник рассматривается так, как если бы он состоял только из одной переменной («угловое отклонение от вертикали»). Только после того, как в данную систему была включена еще одна переменная («угловая скорость»), поведение системы стало однозначным. Ясно, что «угловая скорость» была тем самым скрытым параметром, из-за которого поведение системы казалось нам неоднозначным.

Хотя Эшби и не пользуется термином «скрытый параметр», однако он в ряде случаев говорит нечто, вполне аналогичное этому, как например в следующей фразе, где использованы слова «отсутствующие переменные»: «Некоторые из таких открытий отсутствующих переменных имели, - пишет он, — величайшее научное значение, например, когда Ньютон открыл значение количества движения или когда Гоулэнд Голкинс открыл значение витамина (поведение крыс при диете не было однозначным, пока витамины не были опознаны)» (Эшби, 1959, с. 65). В другом месте высказывается аналогичная мысль, когда Эшби пишет, что «химик может обнаружить, что поведение системы, сначала недетерминированное, становится детерминированным, если принять во внимание присутствие следов хлорида» (там же, с. 133).

Хотелось бы отметить, что в наши намерения сейчас не входит обсуждение взглядов Эшби по данному вопросу — то, что мы сейчас говорим именно о нем, объясняется только тем, что на примере его работы мы хотим показать, как понимается в кибернетике сущность стохастического процесса. И мы обнаруживаем, что это понимание не выходит за рамки лапласовского детерминизма. Понятие принципиальной неоднозначности (или стохастичности) в неклассическом смысле не

---

фигурирует в кибернетике, и следующие слова Эшби объясняют, почему; он пишет: «Каждая детерминированная динамическая система соответствует однозначному преобразованию... Мы можем сказать это просто потому, что наука отказывается изучать другие типы, вроде упомянутого маятника с одной переменной, отвергая их как «хаотические» и «бессмысленные». Но дальше Эшби осмотрительно добавляет: «Мы отнюдь не осмеливаемся выставлять какие-либо догмы о том, что содержит в себе реальный мир, ибо он полон неожиданностей» (там же, с. 65—66).

### **Типы детерминации. Принципиальная стохастичность**

**3.10.** Хотя наш краткий экскурс в теоретическую кибернетику не дал, как мы видели, возможности понять идею принципиальной стохастичности, не предполагающую наличия скрытых параметров, тем не менее мы получили возможность пользоваться при наших формулировках уже апробированной терминологией. Вместе с тем, однако, мы хотим все же внести в уже известные нам из предыдущего изложения термины некоторые уточнения.

Уточнения, о которых мы говорим, касаются понятия идентичности (объектов, состояний и т.д.).

Положим, что нам даны два состояния  $a_1$  и  $a_2$ . Относительно них могут быть справедливы следующие утверждения:

1. состояния  $a_1$  и  $a_2$  различны (это означает, что ни состояние  $a_1$  не может быть заменено состоянием  $a_2$  ни состояние  $a_2$  — состоянием  $a_1$ ).

2. состояния  $a_1$  и  $a_2$  идентичны (это означает, что состояние  $a_1$  может быть заменено состоянием  $a_2$ , а состояние  $a_2$  — состоянием  $a_1$ ). Хотя оба эти утверждения вполне обычны и смысл их как будто бы достаточно ясен, однако по степени определенности они далеко не одинаковы. Покажем это.

---

Когда утверждается, что два или более объекта различны, то под этим, как правило, подразумевается только то, что один или каждый из них обладает некоторыми такими свойствами, которых нет у другого. Ничего более этого различие их обычно не означает и поэтому его смысл вполне определен, а именно — не могут заменить друг друга.

Несколько иначе обстоит дело, когда объекты принимаются за идентичные. Отличие этих двух случаев в какой-то мере аналогично тому, как различается в логике характер доказательства истинности и ложности, например, общеутвердительного суждения: чтобы доказать ложность последнего, достаточно обнаружить (продемонстрировать) хотя бы *один* противоречащий ему случай; но чтобы доказать его истинность, необходимо исключить *всякую* возможность существования противоречащих ему случаев.<sup>1</sup> Нечто аналогичное характерно и для ситуации, когда некоторые объекты оцениваются как идентичные.

В самом деле, если под идентичностью понимать именно то, что отрицается у неидентичных объектов, то есть их взаимозаменяемость, то мы должны будем принять, что два идентичных объекта  $P_1$  и  $P_2$  не обладают никакими свойствами, которые отличали бы их друг от друга. Однако обычно идентичность двух или более объектов в таком строгом смысле устанавливать не удается — поэтому, как и в случае истинности общеутвердительного высказывания, их идентичность лишь предполагается, причем не всегда в строгом смысле. Нередко объекты квалифицируются как идентичные, если каждый из них неотличим от другого лишь по некоторым выделенным свойствам, при этом допускается, что по более широкому набору свойств они могут быть различны (мы с этим фактом уже сталкивались, рассматривая взгляды А.А. Чупрова

<sup>1</sup> Следует отметить, однако, что хотя последнее условие не всегда выполняется, тем не менее, общеутвердительные (или аналогичные) суждения принимаются все-таки за истинные.

---

на множественность причин — Чупров говорил о сложном явлении « $A^*$ », в котором отсутствует один из элементарных частей, как о похожем на « $A^1$ », но не « $A^1$ », и который, тем не менее, отождествляется с « $A^1$ »).

Итак, утверждение об идентичности состояний  $a_1$  и  $a_2$  может пониматься в двояком смысле — в строгом и нестрогом. Чтобы не смешивать эти два смысла — а это для нас принципиально важно — мы введем два понятия идентичности.

Положим, что дано некоторое множество идентичных (между собой) операторов, множество идентичных операндов и множество идентичных образов. Относительно этих множеств могут быть предположены два (различных) случая:

1. Элементы каждого из трех множеств полагаются абсолютно тождественными друг другу; следовательно, принимается принципиальная невозможность выявить какие-либо различия между элементами одного и того же множества (это аналогично тому, как если бы речь шла об одной и той же вещи в один и тот же момент времени<sup>1</sup>).

2. Полагается, что некоторое различие между элементами может существовать, но такое, которого не достаточно, чтобы сделать их различными; при этом не имеет значения, допускается ли возможность выявить каким-либо образом существующие между элементами различия или нет.

Условимся, что в первом случае мы будем говорить об элементах каждого из этих множеств как о строго идентичных состояниях (операндах и образах) и строго идентичных операторах; во втором же случае эти элементы будем называть квазиидентичными (идентичными с точностью до скрытого параметра). Под скрытым параметром, как это ясно, мы понимаем именно то, что отличает один

<sup>1</sup> Мы не касаемся здесь вопроса о том, должны ли вообще объекты быть различаемы по пространственно-временным координатам.

---

оператор или одно состояние от другого квазиидентичного оператора или состояния<sup>1</sup>. (Очевидно, что для строго идентичных операторов и состояний всякое наличие скрытых параметров исключается по определению). Отметим при этом, что в данном контексте не имеет значения, можем ли мы выявить эти различия или нет (то есть идет ли речь о наблюдаемых или ненаблюдаемых скрытых параметрах). Существенно здесь другое — предполагаем ли мы, что эти различия существуют, либо мы этого не предполагаем — именно это нам необходимо решить, если мы хотим выйти за рамки лапласовского детерминизма.

Представляется, что предложенное разведение *explicite* двух смыслов таких понятий, как «идентичный», «одинаковый», «тождественный» и т.д., которое в обычном (в том числе, и научном) языке не делается, позволит нам точнее выявить различие между понятиями однозначного и стохастического процессов.

**3.11.** Теперь мы подойдем непосредственно к интересующему нас вопросу и попытаемся очертить более четкое (относительно существующих) представление о сущности однозначной и вероятностной детерминации. При этом мы, с одной стороны, будем иметь в виду те факты, которые привели физиков к необходимости говорить о принципиальной стохастичности (и о которых мы говорили выше), а с другой стороны, мы воспользуемся уже известной нам терминологией, учитывая, однако, при этом те уточнения, которые мы только что сделали.

1. Однозначно детерминированной (или подчиняющейся динамической

<sup>1</sup> Подобное обобщенное понимание термина «скрытый параметр» не противоречит тому, как он понимается в физике; по крайней мере, Дж. фон Нейман пользуется им в «Математических основах квантовой механики» почти в аналогичном смысле (см. Нейман, 1964, с. 157, 243).

закономерности) мы будем называть такую последовательность событий,<sup>1</sup> при которой строго идентичные операнды под воздействием строго идентичных операторов всегда переходят в строго идентичные образы.

Смысл данной формулировки (так же как и двух последующих) должен быть, на наш взгляд, совершенно ясен: последовательность событий, которую здесь называем однозначно детерминированной, целиком соответствует по смыслу тому, что понимается обычно под такими понятиями, как динамическая закономерность, жесткая связь, и которые отождествляются с лапласовским детерминизмом (и при этом, как мы видели, не совсем точно).

Знакомство со взглядами представителей классической концепции детерминизма позволило установить, что существо последней составляет утверждение, гласящее: если после события «А» следует событие «В» как следствие «А», то всегда, когда наступает событие «А», за ним необходимо последует событие «В», если — и это важно — «А» точно такое же, каким оно было в первый раз. Чтобы это утверждение было полным, следует добавить, что событие «А» должно включать в себя все, от чего зависит наступление события «В» — и то, чем было событие «В» за шаг до этого (то есть событие «В<sup>1</sup>»), и все внешние по отношению к нему воздействия.

Однако может создаться впечатление, что поскольку под событием «А» подразумевается все, что тем или иным образом воздействует на «В<sup>1</sup>» и выступает причиной события «В», то событие «А» в качестве причины события «В» охватывает весь мир в определенный момент времени.

<sup>1</sup> По-видимому, нет необходимости в данном случае слишком строго подходить к понятию «событие». Под последним можно понимать как переход системы из одного состояния в другое, то есть само *изменение* состояния, так и приобретение системой нового состояния, то есть изменение *состояния*.

---

Как мы видели, сами представители классического детерминизма (Ог. Курно, А.А. Чупров и др.) возражали против того, чтобы причиной какого-либо события признавать некоторое одновременное состояние всего мира. И их нетрудно понять — такое допущение свело бы, по-видимому, на нет все аргументы в пользу однозначности детерминирования, лишив ее всякого смысла. Свои возражения они обосновывали соображениями, вытекающими из понятного всем здравому смыслу (см. § 2.6.) (кстати, из того же здравого смысла вытекала и «корректность» отнесения понятия одновременности к состоянию всего мира).

Однако в пользу того, что не все в мире может выступать в качестве причины некоторого определенного события, можно было бы привести и другой аргумент, на этот раз прямо противоречащий здравому смыслу. В основе данного аргумента лежит конечность скорости всякого материального воздействия. Смысл аргумента прост, и сам он настолько сейчас общеизвестен, что специально говорить о нем было бы излишне. Достаточно отметить только, что, кроме того, что не всякое воздействие способно, вообще говоря, оказать влияние на поведение произвольно выбранной системы, никакое событие не может выступать причиной изменения состояния рассматриваемой системы, если изменение произошло до того, как это событие могло *успеть* воздействовать на систему. (Если не претендовать на большую глубину мысли, последнее обстоятельство можно было бы выразить так: если событие « $V^1$ », которое в момент времени  $t$  стало событием « $V$ », само возникло в некоторый момент  $t - \Delta t$ , то никакое событие, удаленное от « $V^1$ » на расстояние более, чем  $c \cdot \Delta t$  (где « $c$ » — скорость света), не может быть причиной события « $V$ ». На более строгом языке это утверждение означает следующее: никакие изменения в операнде не могут повлиять на переход операнда в соответствующий образ, если для этих изменений потребовалось больше времени, чем для перехода операнда в образ).

**3.12.** Мы полагаем, что формулировка первого типа детерминизма раскрывает существо классической концепции детерминизма, подчеркивая наиболее главное, что составляет ядро этой концепции. Теперь мы перейдем ко второму типу детерминизма.

2. Стохастической (вероятностно детерминированной или подчиняющейся статистической закономерности) мы будем называть последовательность событий, при которой квазиидентичные операнды под воздействием квазиидентичных операторов могут перейти в различные образы (то же справедливо, если операнды либо операторы, но не оба одновременно, строго идентичны).

Читателю должно быть ясно, почему в данной формулировке речь не может идти о различных операторах и операндах, но только о квазиидентичных (с точностью до скрытых параметров), а также почему утверждается, что образы должны быть различны (в самом деле, если либо операторы, либо операнды различны, мы можем говорить, в этом случае, только о различных переходах и никакой проблемы вообще не будет; если же образы не будут различны, то это будет обычная однозначная детерминация).

Последовательность событий, обозначенная как стохастическая (или точнее — квазистохастическая), вполне укладывается в рамки классического детерминизма и соответствует понятию стохастического процесса, как последний употребляется традиционно (например, в статистической механике<sup>1</sup>). Кроме того, именно так понимается статистическая закономерность и в теоретической кибернетике. Чтобы убедиться в этом, достаточно ознакомиться со следующим рассуждением из «Введения в кибернетику» У. Р. Эшби.

Предположим, что наблюдатель встречается с системой, которая слишком велика,

<sup>1</sup> Ср. например, с пониманием такого процесса в «Статистической физике» Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица (см. Ландау, Лифшиц, 1964, с. 17 и др.).

---

чтобы быть описанной полностью. Как он должен поступить? По определению, наблюдатель может описать систему лишь частично. «Это ограничение,— говорит Эшби,— лишь другой способ сказать, что наблюдатель должен описывать систему «статистически». Ведь статистика — искусство говорить вещи, относящиеся лишь к некоторой стороне или части целого, когда вся истина слишком громоздка для прямого употребления»<sup>1</sup>. Однако статистический метод описания системы не следует принципиально отличать от однозначного описания (когда система описывается точно). Он включает в себя последнее как случай, когда разброс данных равен нулю. «Действительно новой чертой статистической системы является то, что статистическое описание задает не машину, а целый ряд нетождественных машин» (Эшби, 1959, с. 96).

Последнее замечание — о нетождественности систем — представляет существенный интерес. Эшби дополняет его следующим соображением: «Если в системе слишком много частей, чтобы описать их индивидуально, то их надо описывать с помощью приемлемого числа правил, каждое из которых применимо ко многим частям. Части, описываемые одним и тем же правилом, — говорит Эшби, — не обязательно должны быть тождественными» (там же, с. 96). И наконец, важное заключение: «Сделанное наблюдателем неполное описание позволяет находить окончательную, единственную систему, если это описание дополнено» (там же, с. 99).

Итак, как видим, в данном случае речь идет именно о том, что составило данную выше формулировку (второго типа) детерминизма — а именно, о поведении систем, идентичных с точностью до скрытых параметров.

<sup>1</sup> Сравним это со следующими словами из «Статистической физики» Л.Д. Ландау и Е. М. Лифшица: «...Вероятностный характер результатов классической статистики сам по себе отнюдь не лежит в самой природе рассматриваемых ею объектов, а связан лишь с тем, что эти результаты получаются на основании гораздо меньшего количества данных, чем это нужно было бы для полного механического описания» (Ландау, Лифшиц, 1964; с. 17).

**3.13.** Что касается третьего типа детерминизма (неклассического), в основе которого должна лежать идея принципиальной стохастичности, то, на наш взгляд, единственно разумный смысл, который следует вложить в него, может быть сформулирован следующим образом.

3. Принципиально стохастической (принципиально вероятностной) мы полагаем такую последовательность событий, при которой строго идентичные операнды под воздействием строго идентичных операторов переходят в строго различные образы. Если такое произойдет, то подобный переход будет являться неоднозначно детерминированным, а поведение системы, состояние которой сменяется подобным образом, будет принципиально стохастичным.

Этот тип детерминации, на наш взгляд, целиком выходит за рамки классического детерминизма. Понятая таким образом, как она определена здесь, принципиальная стохастичность приобретает смысл, позволяющий строить на ней концепцию нелапласовского детерминизма. Представляется, что это единственно приемлемый смысл, который может быть вложен в понятие принципиальной стохастичности, если только мы хотим, чтобы современный детерминизм, о котором сейчас много пишется, не был одним из вариантов лапласовского детерминизма.

**3.14.** Бросая, например, монету, обычно исходят из предположения, что нерегулярное выпадение ее сторон (орла или решки) связано с тем, что при каждом броске что-то в условиях меняется — либо не так держим руку, как первоначально, либо не с той силой бросаем монету, либо не с той же стороны монеты начинаем бросок и т.д. При этом принимается, что если бросок совершался бы всегда одинаково — например, хорошим автоматом, то результат выпадения был бы всегда одним и тем же. Подобная точка зрения, которой придерживается непредвзятый ученый (особенно, если он не физик), ясно выражена известным психологом Э. Борингом. О результатах выпадения монеты он пишет следующее: «Откуда известно, — спрашивает он

---

— что вероятность выпадения каждой из сторон равна  $1/2$  при каждом бросании монеты?... Это, — говорит Боринг, — ниоткуда не следует. Говорят, что частота, близкая  $1/2$ , была определена эмпирически, путем многочисленных бросаний, но как это может быть, если условия опыта не учтены. Для самых надежных наблюдений следует использовать механическое бросание монеты, а не полагаться на нерегулярную изменчивость бесконтрольного броска. Между тем хорошо сконструированный механический метатель должен действовать всегда одинаково, и все будет зависеть от того, кладется ли монета в машину гербом или решеткой вверх. Если монету все время кладут одним и тем же способом, то исход будет всегда один и тот же, а вероятность выпадения герба будет равняться 0 или 1» (Боринг, 1970, с. 12).

Это вполне разумное и естественное рассуждение, по крайней мере, если речь идет о монете. И оно очень точно выражает сущность того взгляда на события в мире, который формировался на протяжении всего развития науки.

Данные выше в § 3.11. и § 3.12. определения однозначного и вероятностного детерминизма соответствуют именно такому пониманию стохастического процесса. Суть последнего заключается в том, что любое — даже явно случайное — событие однозначно определяется предшествующими условиями; все случайное в одном и том же причинном ряду должно быть приписано наличию в нем скрытых параметров.

Очевидно, что сформулированный нами третий тип детерминизма совершенно не укладывается в эти представления. Более того, с точки зрения классического детерминизма этот тип даже не может быть назван детерминизмом — выражающая его последовательность событий совпадает с тем, что обычно (то есть в согласии с лапласовским детерминизмом) именуется индетерминированным процессом. В самом деле, наша формулировка вполне приемлет тот случай индетерминированности, о котором не без остроумия пишет (или лучше сказать, воображает, ибо в

---

макром мире такое можно только вообразить) Марио Бунге: «Даже случайность, — говорит он, — которая на первый взгляд кажется самым отрицанием детерминации, имеет свои законы... Отнюдь не давая полностью неопределенные, произвольные, незакономерные результаты, бросание монеты дает лишь «решки» и «орлы»... В том же случае, — заявляет Бунге, — если бросание монеты дает иногда «решки», а иногда слонов, газеты, сновидения или любые другие предметы произвольным, незакономерным путем, совершенно без всякой связи с предшествующими условиями, то это будет недетерминированный процесс» (Бунге, 1962, с. 26).

К сожалению, как бы нам не хотелось избежать таких «диких» предположений, мы должны осознать, что только та концепция, которая включает в себя возможность подобных случаев, может претендовать на статус нелапласовского. Принимая возможность принципиально неоднозначной последовательности событий, мы должны смириться с тем, что такие последовательности могут иногда после решок давать и слонов. И сам тот факт, что подобная последовательность воспринимается нами как совершенно нелепая, (хотя для этого у нас, быть может, и нет оснований)<sup>1</sup>, показывает, что она глубоко противоречит установившимся (читай — классическим) представлениям о детерминированной последовательности событий мира.

<sup>1</sup> Как мы будем говорить ниже, в таких предположениях, как то, что бросание монеты может дать иногда слонов, нет ничего нелепого (то есть противоречивого); такое не бывает, но это еще не значит, что такое не может быть. В одном из писем Эрнсту Маху, в котором на примере цепи, поднимающей в своем круговом движении все новые грузы (цепи Стевина), обсуждался вопрос о причине невозможности вечного двигателя, Людвиг Больцман писал: «Почему Стевин полагал, что его цепь не будет двигаться вокруг наклонной плоскости? Положа руку на сердце, скажу: потому что это противоречило бы большому ряду неосознанно связанных опытов. Если бы он проделал опыт, и цепь стала бы двигаться, то безусловно он не сказал бы (по крайней мере, по моему мнению, он не имел бы основания для этого): «Это противоречит логике», а

**3.15.** В данной здесь формулировке принимается существующая независимо от наблюдателя и неустранимая неоднозначность событий. Мы полагаем, что только приняв такую формулировку неоднозначного детерминизма, мы можем сказать, что основывающаяся на ней концепция вероятностной причинности преодолевает ядро лапласовского детерминизма. Любая интерпретация статистических явлений (микромира), которая не проводит последовательно идею принципиальной стохастичности, не может, очевидно, претендовать на статус неклассического детерминизма. Поэтому все существующие интерпретации могут быть испытаны по этому признаку.

Этим мы займемся в следующей главе.

## *Глава 4*

# **ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПРИНЦИПИАЛЬНО СТОХАСТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ**

**4.1.** Концепции, выдвигавшиеся в качестве осмысления вероятностной, или стохастической сущности поведения объектов (микромира) носят, в общем, тройкий характер. Одни из них говорят о познавательных возможностях человека — в данном случае, о возможности предсказания поведения микрообъектов; другие пытаются делать утверждения о поведении самих объектов.<sup>1</sup> Наконец, третьи занимают промежуточное положение.

Между первыми двумя интерпретациями (условно называемыми здесь гносеологической и онтологической) существует определенная связь, хотя, преимущественно, в одну сторону. Последнее означает, что онтологическая интерпретация, если она утверждает вероятностную природу поведения объекта, необходимо утверждает тем самым и вероятностный характер предсказания его; иными словами, гносеологическая интерпретация является следствием онтологической интерпретации в том смысле, что из вероятностной сущности поведения объекта следует вероятностный характер предсказания его поведения. Таким образом, высказывание о поведении объекта, если оно отрицает однозначность его, является одновременно и высказыванием о поведении

<sup>1</sup> То, что при этом речь идет о разных явлениях — вполне очевидно: одно дело говорить о поведении наблюдателя относительно поведения объекта, иное дело говорить о поведении самого объекта безотносительно к наблюдателю.

---

наблюдателя<sup>1</sup>. Между тем, обратное, очевидно, не верно: вероятностный характер предсказаний поведения объекта ничего не говорит о самом поведении объекта — оно может быть равно и однозначным, и вероятностным.

### **Первый тип интерпретации — гносеологический**

**4.2.** В основе гносеологической интерпретации лежат прежде всего две взаимосвязанные идеи. Первая из них делает акцент на факте, который с возникновением квантовой механики сразу же приобрел актуальность — факте возмущающего влияния измерительных средств на поведение наблюдаемого объекта; это именно та идея, которая связывается с копенгагенской школой физиков. Глава этой школы Нильс Бор пишет, например, следующее: «Несмотря на всю новизну и необычность способа рассмотрения, теория относительности сохраняет причинное описание, применяемое внутри каждой данной системы отсчета: в квантовой же механике мы вынуждены отказаться и от этого, отказаться из-за неконтролируемого взаимодействия между объектом и измерительными приборами» (Бор, 1961, с. 62; см. также: Бор, 1971, т. II, с. 205). Та же мысль выражена Полем Дираком в «Принципах квантовой механики», где он утверждает, что «если система мала, то невозможно наблюдать ее, не внося существенного возмущения, и поэтому нельзя ожидать причинной связи между последовательными результатами наших наблюдений... Существует, — говорит Дирак, — неизбежная неопределенность в расчетах наблюдаемых величин; теория позволяет нам рассчитывать, вообще говоря, лишь вероятность того, что мы получим данный результат» (Дирак, 1979, с. 14—15).

Интерпретация, которая дается на основе этой идеи,

<sup>1</sup> В то же время, если поведение объекта оценивается как однозначное, то отсюда еще не следует необходимая однозначность его предсказания.

касается таких явлений, в которых особо остро выступает факт возмущающего влияния наблюдения на поведение объекта, соотношение неопределенностей Гейзенберга и т. д. Между тем, ясно, что данной интерпретацией не охватываются те примеры неоднозначного поведения, которые мы приводили выше (§ 3.3.) (и которые нас здесь интересуют).

**4.3.** Вторая идея, о которой мы упомянули, касается ограниченных возможностей измерения физических величин. Эту идею особенно подчеркивал Макс Борн, который, в отличие от многих других физиков, распространял индетерминизм вообще на всю физику, включая и классическую. В одной из своих работ он писал: «Лапласовский демон мог бы выполнять свое задание лишь в том случае, если бы он мог измерять точно... Но, — замечает резонно Борн, — мы все же люди, а не демоны. Мы можем измерить лишь с конечной точностью, и даже с небольшой... Невозможность точно измерить все данные, характеризующие то или иное состояние системы, — говорит он в другом месте, — не позволяет предопределить ее будущее развитие. Таким образом, принцип причинности в его обычной формулировке теряет всякое значение»<sup>1</sup> (Борн, 1963, с. 424, 54; см. там же, с. 58, 285—291, 447—450, см. также: Борн, 1973, с. 35, 157; эту же мысль вслед за Максом Борном повторяет Леон Бриллюэн, см. Бриллюэн, 1966, с. 151). Мы уже отмечали, что подобная интерпретация ничего не говорит о поведении самого объекта. В самом деле, сказать, что мы не можем — и никогда не сможем — абсолютно точно измерить некоторую физическую величину и поэтому невозможно точно предсказать явления, связанные с этой величиной — значит вообще снять вопрос о том, однозначно ли само это явление или нет. В рамках этой интерпретации можно с равным успехом предположить, что операторы и состояния, о которых должна идти

<sup>1</sup> Кстати, как помнит читатель, этого не отрицал и Лаплас — он говорил о *несовершенстве* человеческого разума; собственно, именно по этой причине он и ввел своего демона.

---

речь (если мы вообще знаем, о чем должна идти речь), являются строго идентичными, либо же идентичны с точностью до скрытых параметров. То, что при этом отрицается наличие скрытых параметров, не играет никакой роли, поскольку делать по этому поводу какие-либо предположения, оставаясь в рамках гносеологической интерпретации, незаконно: основу интерпретации составляют не предположения о состоянии системы, а предположения о состоянии наблюдателя (о его знании системы).

Индифферентность гносеологической интерпретации к вероятностной или однозначной сущности микропроцессов лучше всего подтверждается следующим довольно неожиданным обстоятельством. Несмотря на то, что данная интерпретация выступает в качестве осмысления принципиально стохастической природы явлений микромира, она одновременно служит способом опровержения принципиальной стохастичности.

И в самом деле, она выдвигалась теми физиками, которые полагали, что интерпретируя квантово-механические факты подобным образом, они обезоруживают сторонников неклассического детерминизма (то есть, в частности, тех, кто выдвигал ту же интерпретацию тех же фактов, но для противоположных целей). Так поступал, например, Макс Планк, когда писал, что статистический (вероятностный) способ описания (который, по его убеждению, был всего лишь предварительным способом) проистекает из того факта, что «в физике, строго говоря, никогда не ведутся расчеты над абсолютно точными величинами, так как всякое число, получившееся при каком-нибудь физическом измерении, связано с некоторой возможной ошибкой» (Планк, 1966, с. 102). Точно также поступал Эйнштейн, который утверждал, что в квантовой механике «индетерминизм связан с нашей неспособностью следить за отдельными атомами и предсказать их поведение.... Индетерминизм квантовой физики, — говорил он, — это субъективный индетерминизм» (Эйнштейн, 1967, т. IV, с. 157).

---

При этом, как нетрудно понять, Эйнштейн полагал, что он реабилитирует тем самым однозначный детерминизм классического типа<sup>1</sup>.

Итак, одна посылка — взаимоисключающие выводы. Следовательно, посылка не связана необходимо ни с одним из этих выводов: интерпретация безразлична к характеру поведения объектов микромира. В рамках этой интерпретации можно говорить одновременно как об однозначной детерминированности поведения микрообъектов, так и об отсутствии детерминизма в квантовой физики.

Наконец, что само по себе немаловажно, гносеологическая интерпретация оказывается излишней, если уже существует удовлетворительная онтологическая интерпретация принципиально вероятностных явлений. В самом деле, приняв неоднозначность самого поведения объекта, уже не имеет никакого значения, точны наши знания о нем или нет: в отличие от первой интерпретации, которая ограничена только сферой гносеологии (предсказательных возможностей), онтологическая интерпретация охватывает и гносеологическую картину; неоднозначность делает ненужным точные начальные условия — предсказания никогда не могут быть однозначными.

Последнее замечание должно, разумеется, оцениваться лишь как дополнительное соображение, но не как критика гносеологической интерпретации. Сама по себе она имеет свои чрезвычайно важные проблемы. Причина, по которой мы вынуждены оценить данную интерпретацию как неудовлетворительную — это то, что она не соответствует критерию неклассического детерминизма, который должен включать в себя идею принципиальной стохастичности в том понимании,

<sup>1</sup> Сравним это со словами Макса Борна о том, что «бесконечное число частиц делает невозможным никакое детерминистическое описание» (Борн, 1963, с. 58). Эти почти дословно совпадающие высказывания служат, как видим, диаметрально противоположным целям.

---

которое было сформулировано выше. А несоответствие гносеологической интерпретации данному критерию проистекает из того тривиального обстоятельства, что она о поведении систем, в том числе и о стохастическом ничего не говорит (но это уже ее право).

### **Второй тип интерпретации — промежуточный**

**4.4.** Второй тип интерпретации (вероятностной природы процессов микромира) занимает, как мы уже говорили, промежуточное положение между гносеологическим и онтологическим типами интерпретаций. Сущность его составляет утверждение о том, что поведение всякой системы подвержено флуктуациям, вызываемыми неустранимым воздействием (возмущением) со стороны окружения системы, а также ее собственных частей. Эти возмущения сводят на нет значение исходных состояний системы (начальных условий), если бы даже последние были нам известны абсолютно точно. Отсюда, очевидно, вытекает, что между начальным состоянием системы и ее конечным состоянием не существует однозначной и определенной связи (в общем виде мы уже касались этого вопроса выше).

В той мере, в какой в данной интерпретации речь идет об изменениях состояния самой системы (независимо от наших знаний о ней), эта интерпретация выходит за рамки гносеологической интерпретации и приближается к онтологической — этим она заслуживает, безусловно, более серьезного к себе отношения. Однако до конца эта точка зрения почти никогда не выдерживается — очень часто внимание сосредотачивается на факте невозможности предсказания конечного состояния системы. Эти два аспекта настолько тесно переплетены в данной интерпретации, что мы отнесли ее к промежуточному типу (между гносеологическим и онтологическим).

Ядро этой концепции составляет, как было уже сказано, признание наличия возмущающих воздействий среды на наблюдаемую систему (если под внешней средой подразумевать также и самого наблюдателя с его измерительными приборами, то, очевидно, данная концепция включит в себя и гносеологическую интерпретацию). Что же касается знаний начальных условий, то акцентировка здесь не всегда одинакова — в одних случаях подчеркивается невозможность абсолютно точных измерений, как это происходит в случае гносеологической интерпретации, (однако, в отличие от последней, ударение при этом делается само по себе не на этом факте, а на том, что неизбежные ошибки в измерениях начальных условий, как бы малы они ни были, через конечный промежуток времени станут настолько значительными, что сделают невозможным какое-либо определенное предсказание конечного результата; причиной же этого является флуктуация траектории системы под влиянием внешних воздействий). В других случаях вопрос о наличии ошибок в измерениях не ставится и все внимание сосредотачивается на том обстоятельстве, что траектория системы неконтролируемо возмущается.

Наконец, отметим еще одну особенность данного типа интерпретации. Как нетрудно понять, основа, на которой принимается существование вероятностных процессов, при этой интерпретации не вытекает из идиосинкразии именно микромира, — те же самые утверждения вполне могут быть применены и к явлениям, изучаемым классической физикой. Подобная неспецифичность интерпретации приводит к тому, что некоторые физики отказываются видеть индетерминизм только в квантовой механике, но распространяют его вообще на всю физику. Так поступает, например, Макс Борн, когда пишет, что «обычное утверждение, что классическая механика детерминистична, является... неправильным. Возражения против статистической интерпретации квантовой механики, которая основывается на индетерминизме, лишается всех оснований» (Борн, 1963, с. 450).

---

Этот вывод Борна основывается, очевидно, именно на данном типе интерпретации. На нем же основано следующее высказывание Ричарда Фейнмана: «Обычно думают, — пишет он, — что недетерминированность, невозможность предсказать будущее — это особенность квантовой механики... Если бы даже наш мир *был классическим*, то есть если бы законы механики были классическими, все равно из этого не следует, что те же или какие-то аналогичные представления не возникли бы... С практической точки зрения, — говорит Фейнман, — «детерминизм» отсутствовал и в классической механике» (Фейнман, 1976, т. 3—4, с. 237—238, подчеркнуто автором). Следует отметить, что если принимать промежуточный тип интерпретации, то подобная точка зрения становится вполне разумной.

**4.5.** Довольно ясное изложение интересующей нас интерпретации можно встретить у Макса Борна, в частности, в статье с характерным названием «Действительно ли классическая механика детерминистична»? Касаясь кинетической теории газов, Макс Борн замечает: «В этой теории обычно утверждается, что в принципе результат является детерминированным и что введение статистических рассматриваний необходимо только из-за нашего незнания точного начального состояния большого числа молекул. Я давно думал, — говорит Борн, — что первая часть этого утверждения чрезвычайно подозрительна». Основу для подобного подозрения Борн раскрывает на следующем простом примере.

Рассмотрим поведение движущейся сферической молекулы, упруго отскакивающей от многочисленных фиксированных молекул — нечто вроде трехмерного бильярда. Небольшое изменение в направлении начальной скорости шара приведет в конце концов к большим изменениям пути зигзагообразного движения, поскольку малое угловое отклонение вызывает все большие и большие пространственные отклонения. В результате некоторый (другой) фиксированный шар, который (как предсказывалось) должен был поразиться, остается вне

пути движущегося шара. «Если начальное отклонение по направлению уменьшается, — говорит Борн, — то момент, когда путь сменяется другим, отодвигается, но в конце концов этот момент наступит» (Борн, 1963 с. 287).

Сходные идеи неоднократно обсуждались Борном и в других его работах, хотя при этом нередко акцент делался не на самом факте возмущения траектории; последнее в таких случаях выступало более в роли усилителя неопределенности наших знаний о пути движения тела.

Отсутствие изолированности необходимо приводит к тому, что даже при самых простых механических процессах малые начальные неточности измерения непрерывно растут и обязательно наступает момент, когда неточность становится большей, чем вся область движения тела. При этом уменьшение начальной неточности может лишь отодвинуть, но не исключить этот момент. «Всегда существует критический период  $t_c$ , который зависит от размера неточности начального состояния, и за пределом которого невозможны никакие предсказания» — например, если начальная угловая скорость незатухающего секундного маятника измерена с точностью до  $1/1000$ , то критический период  $t_c$  будет порядка 20 часов; в таких системах, как газ, критический период, очевидно, исчисляется долями секунды (Борн, 1963, с. 450).

Не менее ясное выражение сущности данной интерпретации мы находим в известных «Лекциях по физике» Ричарда Фейнмана. Предполагается, говорит Фейнман (имея в виду, в данном случае, классическую физику), что зная местоположение и скорость всех частиц в мире (или хотя бы в сосуде с газом), мы можем вполне точно предсказать все, что произойдет с ними в будущем. Однако представим себе, что измеряя положение атомов, мы только для одного атома допустили ошибку в одну миллиардную. Тогда при первом же столкновении его с другим атомом неопределенность в знании его координат возрастет.

---

Она возрастет еще больше при следующем столкновении и т.д. И если первоначальная ошибка была почти несущественной, то вскоре она достигнет степени почти полной неопределенности. «Для данной точности (сколь угодно большой, но конечной) можно всегда указать такой большой промежуток времени, что для него становится невозможным сделать предсказания. И этот промежуток... не так уже велик... Время с уменьшением ошибки растет только логарифмически, и оказывается, что за очень и очень малое время вся наша информация теряется» (Фейнман, 1976, т. 3—4, с. 238).

Основные идеи, составляющие (несколько многоликую) сущность данной интерпретации, представлены в систематизированной форме в работах Д.И. Блохинцева (Блохинцев, 1976, 1963)<sup>1</sup>. В «Принципиальных вопросах квантовой механики» он перечисляет три обстоятельства, которые делают невозможным однозначный детерминизм уже в классической физике. Во-первых, полагает автор, отсутствие однозначности связано с тем обстоятельством, что начальные данные не могут быть определены абсолютно точно (что потребовало бы бесконечно долгого времени), но только с некоторой определенностью, которая необходимо сказывается на предсказаниях поведения системы в будущем (при  $t \rightarrow \infty$ ). Во-вторых, невозможность однозначного детерминизма проистекает из того, что всякая система испытывает воздействие случайных и непредсказуемых сил. Как бы эти силы ни были малы в каждый из моментов времени, их эффект может оказаться чрезвычайно значительным для большого отрезка времени, что, безусловно, сделает поведение системы непредсказуемым и неоднозначным. Наконец, третье обстоятельство сводится к

<sup>1</sup> Следует отметить, что не всегда авторы, на работы которых мы ссылаемся при характеристике определенного типа интерпретации, защищают в явной форме именно данную интерпретацию. Кроме того, многие из них (если не все) придерживаются одновременно более чем одного типа интерпретации.

тому, что мы никогда не можем быть гарантированы, что до того времени, пока система не придет к предсказанному состоянию, она будет оставаться изолированной.

Как видим, наиболее существенным (и специфическим, поскольку первое из приведенных Д.И. Блохинцевым оснований для недетерминированности поведения присутствует и в гносеологическом типе интерпретации), в данной концепции является признание неизбежной неизолированности любой наблюдаемой системы от внешнего окружения.

Независимо от того, *что* выдвигается в качестве причины возникающей неопределенности (при попытках предсказать поведение системы) — отклонение линии поведения от невозмущенной траектории или возрастание начальной погрешности в измерениях — основу этой интерпретации составляет идея неразрывной связи любой системы со своим окружением, в частности, со всем миром. Последний момент особенно подчеркнуто выступает у Вернера Гейзенберга; он, например, пишет: «Необходимо обратить внимание на то, что система, которую следует рассматривать согласно методам квантовой механики, на самом деле является частью значительно большей системы, в конечном счете — всего мира». (Гейзенберг, 1963, с. 150). Именно поэтому «проследить количественную цепь причин и следствий можно было бы, только включив весь мир в систему» (Гейзенберг, 1932, с. 21). Мы, например, знаем силы в атомных ядрах, ответственные за альфа-распад, «но это знание содержит неопределенность, которая обусловлена взаимодействием атомного ядра с остальным миром. Если мы хотим знать причину, почему альфа-частица излучается именно в данный момент, то, по-видимому, должны для этого знать микроскопическое состояние всего мира» (Гейзенберг, 1963, с. 65).

Следует отметить, что данный тип объяснения существа неоднозначного детерминизма — ссылкой на взаимодействие системы с окружающим миром — является наиболее распространенным как в сугубо физической,

---

так и в методологической литературе. В.И. Купцов, например, работу которого мы упоминали в связи с анализом концепции классического детерминизма, именно в данной интерпретация видит ту основную идею, благодаря которой может быть разрушено ядро лапласовского детерминизма. Он довольно подробно рассматривает пример флуктуации пути движения шара, аналогичный уже знакомому нам примеру Борна с трехмерным бильярдом. В результате анализа В.И. Купцов заключает, что поскольку не могут существовать абсолютно изолированные системы, постольку эволюция реальной системы не может следовать в точности той траектории, которая соответствовала бы начальным условиям (Купцов, 1976, с. 233). Поэтому ясно, что в некоторое фиксированное состояние система может прийти из самых различных начальных состояний, точно так же, как из данного начального состояния она может придти в различные состояния (там же, с. 225).

Аналогичные соображения высказываются и Г.Я. Мякишевым. В книге «Динамические и статистические закономерности в физике» он придерживается мнения о том, что статистический характер квантовой теории связан, прежде всего, с взаимодействием микрообъекта с его окружением. В квантовой теории ни один объект не рассматривается независимым от остального мира, полностью индивидуализированным; частица, рассматриваемая как свободная, в действительности свободна только от воздействий динамического характера — она находится под непрерывным действием случайных сил, вызывающих квантовые флуктуации ее поведения. Если, говорит Г.Я. Мякишев, попытаться установить физическую природу этих воздействий, то наиболее естественно связать ее с взаимодействием частицы с вакуумом — квантовая частица, возможно, взаимодействует с миром через вакуум, то есть посредством виртуальных частиц.

Как и следовало ожидать, из всех видов интерпретаций, которые предлагались для объяснения вероятностной сущности квантовой физики, Г.Я. Мякишев

считает наиболее правильной ту, которая принимает за основу неустранимую взаимосвязанность (неиндивидуализированность) системы с миром. Тем не менее свое отношение к вопросу он формулирует несколько осторожно: «Если, — говорит он, — причина статистического характера квантовой механики действительно состоит в неустранимой связи микрообъекта с миром в целом, то, очевидно, предсказать точно наступление какого-либо события, будь то распад элементарной частицы или обнаружение электрона в определенном участке дифракционной картины, невозможно. Для этого надо было бы одновременно и точно установить, как протекают явления во всем мире» (Мякишев, 1973, с. 249—253).

Итак, сущность второго типа интерпретации, которую мы назвали промежуточной между гносеологической и онтологической, довольно ясна. Теперь мы должны оценить, в какой мере она удовлетворяет требованиям, которым должна отвечать интерпретация, претендующая быть основой новой концепции детерминизма.

**4.6.** Прежде всего обратим внимание на следующее обстоятельство. Если читатель был внимателен к тем выдержкам, которые мы приводили (а мы старались приводить их дословно), то он должен был заметить, что в них всегда речь шла об отклонении траектории поведения системы от той, которая должна была быть в соответствии с исходным состоянием системы (с начальными условиями). В примере Борна с трехмерным бильярдом, так же как и в примере Фейнмана с атомами, говорилось, как мы видели, именно о непредсказуемости отклонения пути шара от исходного направления. О том же свидетельствует тот факт, что сторонники данной интерпретации говорят о достаточно большом отрезке времени, за которое поведение системы становится непредсказуемым. При этом, вероятно, подразумевается, что за достаточно малый отрезок времени, пока система ведет себя как

---

изолированная, поведение системы все же предсказуемо. Например, в книге Д.И. Блохинцева «Основы квантовой механики» мы читаем об этом следующее: «Задание начальных данных всех частиц Вселенной потребовало бы бесконечного времени. Поэтому на самом деле приходится ограничиться изолированными механическими системами. Предсказания, вытекающие из знания начальных данных такой системы, носят условный характер. Они верны, — добавляет, однако, автор, — если в будущем не произойдет нарушения предположенной изолированности системы» (Блохинцев, 1976, с. 622— 623).

Таким образом, данная интерпретация дает объяснение тому факту, что всякое предсказание поведения системы (поскольку оно строится не на абсолютно точных данных) ограничено лишь достаточно коротким отрезком времени и может быть справедливо только относительно изолированных систем — поэтому конечный результат поведения неоднозначен. Это вполне разумное объяснение, но оно касается не вообще проблемы вероятностной природы квантовых процессов, а лишь одного — частного и имеющего лишь косвенное отношение к современному детерминизму — вопроса — о неоднозначности результата поведения системы относительно начальных условий. Иными словами, вся суть интерпретации сводится к осмыслению того факта, что в траектории системы можно найти два таких состояния, между которыми не устанавливается однозначная связь. Но это, очевидно, не тот факт принципиальной стохастичности, на котором строится отвержение лапласовского детерминизма. И это тем более так, что отклонение поведения в силу внешних возмущений от заранее предсказываемого подчеркивался самим же Лапласом. Вот его слова: «Явления природы сопровождаются по большей частью столькими посторонними

---

обстоятельствами, влияние многочисленных возмущающих причин настолько к ним примешивается, что становится очень трудным познавать их» (Лаплас, 1908, с. 75)<sup>1</sup>.

Однако даже в качестве объяснения неоднозначности поведения системы относительно ее исходного состояния данная интерпретация не имеет отношения к явлению принципиальной стохастичности. В самом деле, она принимает, что за достаточно короткие промежутки времени, пока система может рассматриваться как изолированная, ее поведение является вполне однозначным. Вот как это обстоятельство выражено В.И. Купцовым в книге «Детерминизм и вероятность»: «Поведение одной частицы в статистической системе, — пишет он, — не подчиняется динамической закономерности, если рассматриваются достаточно большие временные интервалы. Отсюда, конечно, не следует, — предупреждает автор, делать вывода о том, что динамическая закономерность не имеет никакого отношения к микроповедению статистической системы. За промежутки времени, сравнимые с временем свободного пробега, состояние системы определяется в соответствии с законами механики начальными условиями, так что система подчиняется динамической закономерности. Однако действие динамического закона ограничено этими малыми промежутками времени... Динамическая связь существует лишь локально, то есть между различными состояниями системы, разделенными достаточно малыми промежутками времени» (Купцов, 1976, с. 220, 223).

Таким образом, рассматриваемая интерпретация по сути своей не исключает однозначность перехода системы из одного состояния в другое, непосредственно следующее за ним. Сторонники данной интерпретации принимают, что за некоторый короткий промежуток времени (критический период у Борна) система ведет себя (или может вести) вполне однозначно. При этом лишь говорится, что за достаточно

<sup>1</sup> См. также слова Лейбница, приводимые ниже (§ 5.6).

---

большой отрезок времени (то есть за несколько переходов состояний) траектория системы существенно отклоняется от первоначально предполагаемой. А это означает только то, что между начальным и конечным состояниями системы, достаточно отставленными друг от друга, может не быть однозначной траектории — то, что должно было следовать из начального состояния, не реализуется в силу возмущений, оказываемых на поведение системы.

4.7. Мы уже отметили выше, что данная интерпретация носит промежуточный характер — в ней переплетены онтологические и гносеологические утверждения. Что касается гносеологического аспекта, то содержание интерпретации сводится к тому, что слишком большое количество элементов, состояние которых должны быть измерены, и слишком сложное взаимодействие между ними делает невозможным какие-либо однозначные утверждения об их поведении. Это, по-видимому, так и есть, однако вопрос не в этом. От того, что *мы* не можем разобраться в поведении большого количества элементов, еще не следует, что сами элементы также не могут разобраться, должно ли их поведение быть однозначным или нет. (Здесь уместно привести слова физиолога Альберта Сент-Дьердьи, который в своей книге «Биоэнергетика» вспоминает время, проведенное им в Принстонском институте развития науки. Сент-Дьердьи признается, что в то время он «надеялся, что общаясь с теми, кто знал многое об электронах... найдет помощь в лучшем понимании биологических явлений. Он встретил глубокий и сочувственный интерес к биологии. Однако, говорит Сент-Дьердьи,— когда обнаружилось, что живая система содержит более чем два электрона, физики в ужасе повернулись к нему спиной, так как математические трудности оказались непреодолимыми».<sup>1</sup> «Со всеми своими вычислительными машинами они не в состоянии были сказать, что мог бы делать третий электрон. Замечательно, —

<sup>1</sup> Сент-Дьердьи, 1960, с. 150.

воскликает Сент-Дьердьи с иронией, — что сам этот электрон хорошо знает, что ему делать»).<sup>1</sup>

**4.8.** Итак, взятая в своем гносеологическом аспекте, данная интерпретация может равно основываться и на допущении, что каждый из переходов состояний системы однозначен, и на допущении, что это не так. Для существа объяснения это совершенно все равно, за исключением того, что при втором допущении (неоднозначности переходов) сама интерпретация становится излишней.

**4.9.** В той мере, в какой речь идет об онтологическом аспекте интерпретации, естественно задаться вопросом — однозначно ли вообще поведение системы? Как мы видели, принимается, что на коротких отрезках траектории система ведет себя однозначно детерминированно. Одного этого, как нетрудно понять, достаточно, чтобы отклонить<sup>2</sup> данную интерпретацию как неудовлетворяющую основному требованию. Но мы этого пока не будем делать.

**4.10.** На первый взгляд может создаться впечатление, что основной недостаток интерпретации, за что он должен быть отклонен, заключается только в том, что в ней локальные отрезки траектории согласуются с концепцией лапласовского детерминизма; отсюда как будто следует, что если бы это было не так, то возражения против данной интерпретации сами собой отпали. Между тем это совершенно ложное впечатление. Главный изъян предлагаемого нам объяснения вовсе не в этом допущении, от которого, в принципе, можно было бы и отказаться,

<sup>1</sup> Цитируется по: фон Берталанфи, 1969, с. 32.

<sup>2</sup> Подчеркнем еще раз: оценка интерпретаций дается только с точки зрения того условия, которое было поставлено в § 3.15. Вне этого условия все наши рассуждения не имеют силу и не могут быть рассмотрены как критические. Вполне естественно, что авторы, придерживающиеся этой или другой интерпретации, не имели намерения удовлетворить нашим требованиям — у них были свои цели.

— сам подход в данном случае совершенно неприемлем.

Чтобы показать, что это так, мы пойдем дальше, чем делают сами ее представители, и обобщим интерпретацию настолько, чтобы она включала в себя и единичный переход; для этого будем считать, что между любыми двумя состояниями системы отсутствует однозначная связь. Важно только, чтобы сохранилась основная идея интерпретации, которая повторяется всеми авторами, а именно — идея о том, что однозначность отсутствует в силу (внешних или внутренних) возмущений поведения системы.

Выиграет ли интерпретация от подобного обобщения? Разумеется, нет. Приняв ее основную идею, мы целиком выходим за рамки поставленных условий о необходимости строгой идентичности состояний системы и операторов. В самом деле, что означает возмущение поведения системы (любыми) воздействиями, как не то, что условия поведения меняются после выхода системы из начального состояния. Иными словами, возмущение поведения равнозначно изменению оператора преобразования. Тем самым, основное условие принципиальной неоднозначности нарушается — совершенно ясно, что в данной интерпретации речь идет о неоднозначности поведения при наличии скрытых параметров.

### **Третий тип интерпретации — онтологический**

**4.11.** Остается теперь рассмотреть третий тип интерпретации (вероятностной природы микромира) — онтологический. Сразу же отметим, что по причине, которая скоро станет ясна, характеристика этой интерпретации не займет много места.

Будучи чисто онтологической концепцией, данная интерпретация говорит, естественно, только о том, как протекают события в самом мире, независимо от того, в какой мере эти события доступны наблюдению. Эта та особенность, которая отличает настоящую интерпретацию от уже нами рассмотренных.

Далее, вторая ее особенность, дающая ей преимущество перед двумя предыдущими интерпретациями состоит в том, что она принимает сугубо вероятностную природу процессов, не пользуясь при этом ссылками на наличие каких-либо скрытых параметров. Наконец, третья особенность данной интерпретации заключается в том, что она, в отличие от всех других интерпретаций, ничего не интерпретирует. Принципиальная стохастичность принимается как факт — и дальше этого интерпретация не идет. Как первичная данность стохастичность, согласно данной точке зрения не требует каких-либо интерпретаций. Эта точка зрения которая популярна главным образом среди физиков, включая и таких, как Бор и Гейзенберг, выражается вполне определенно: «Если, — читаем мы, — «данный» электрон в опытах с дифракцией попал именно в данное место, то естественно возникает вопрос: почему? Каковы те детали условий эксперимента, которые послужили причиной именно данного эффекта? Однако ни опыт, ни теория на современном уровне развития не дают на этот вопрос никакого ответа. Длющиеся сорок лет попытки целого ряда физиков построить теорию, которая хотя бы в принципе могла дать ответ, не привела к положительным результатам. Поэтому, придавая данным современным опыта и теории объективное значение, приходится признать, что искомой причины не существует по меньшей мере на квантовом уровне... Недетерминированность известных деталей, а порой и существенных черт квантовых эффектов является общим фактом, который и следует воспринимать как таковой» (Современный детерминизм. Законы природы. М., 1973, с. 349).

Подобное понимание вопроса, разумеется, полностью согласуется с критерием нелапласовского детерминизма, и в этом, очевидно, сила данной интерпретации, Но это достигается за счет чувства полнейшего интеллектуального

---

дискомфорта.<sup>1</sup> Именно за это данный тип интерпретации нередко подвергался критике и оно становилось даже основой для дискредитации идеи принципиальной стохастичности. Ее сторонников упрекали за то, что для них вероятность, «случайность превращается в априорную категорию, не требующую никаких объяснений», что вместо того, чтобы «понять, почему одинаковым причинам соответствуют различные следствия», «почему они существуют, каким образом складываются», их подход «сводится к тому, чтобы принять такие ситуации без объяснения, считая их далее не анализируемыми, изначальными, первоисходными», между тем как в рамках классического детерминизма (то есть путем введения скрытых параметров) существует «принципиальная возможность рационально объяснить происхождение вероятности». «Сама возможность такого объяснения — огромный выигрыш с теоретико-познавательной точки зрения. Этим преимуществом как раз и не обладает точка зрения, делающая случайность, неоднозначность изначальной данной категорией» («Теория познания и современная наука», М., 1967, с. 59—61).

Хотя эти упреки в адрес данной интерпретации справедливы, однако от этого, разумеется, она еще не становится неверной. Тем не менее следует согласиться, что интерпретация, объясняющая некоторую сумму фактов, всегда вызывает большее интеллектуальное удовлетворение, чем интерпретация, которая только констатирует существование этих фактов (если даже при этом понятие «объясняющая» звучит довольно туманно).

**4.12.** Итак, в общей форме мы рассмотрели все три типа существующих интерпретаций. Отметим при этом, что мы касались только тех их сторон, которые непосредственно относились к нашей задаче. Все другие важные

<sup>1</sup> Отметим, кстати, что только одной такой интерпретацией мало кто довольствуется, и одновременно пытаются как-то осмыслить явление; так поступают, например, Н. Бор, В. Гейзенберг, В.А. Фок.

вопросы (такие, как например, обоснование самостоятельного статуса статистических закономерностей, их несводимости к динамическим и т.д.) целиком остались вне нашего рассмотрения.

Мы полагаем при этом, что в самой общей форме (если отвлечься от несущественных для нас деталей) все предложенные до сих пор попытки объяснения неоднозначного поведения систем<sup>1</sup> (включая и отказ от объяснения) могут быть отнесены к одной из трех перечисленных нами типов интерпретаций.

### **Выводы**

**4.13.** Как мы убедились, ни один из рассмотренных типов интерпретаций не может служить основой для развития концепции современного нелапласовского детерминизма. Первая группа интерпретаций вообще не отвечает на поставленный нами вопрос о поведении систем и поэтому должна быть признана как не имеющая отношение к проблеме неоднозначного детерминизма (в том его понимании, которое принимается в этой книге). Вторая группа (промежуточный тип) в своем онтологическом варианте оказывается совместимой с лапласовским детерминизмом и предполагает наличие скрытых параметров. Что же касается третьей группы — до тривиальности редуцированной — то она должна скорее быть оценена как констатация явления, нежели как его интерпретация. Разумеется, от этого она не должна обязательно быть неверной; по крайней мере, это не та основа, которая позволяла бы безоговорочно отклонить ее. Тем не менее она не оправдывает те ожидания, которые возлагаются (не без основания) на полноценную интерпретацию.

<sup>1</sup> Обстоятельный обзор см. в работах Ю.В. Сачкова (Сачков, 1971) и Г.Я. Мякишева (Мякишев, 1973); см. также: Современный детерминизм. Законы природы. М., 1973, Современный детерминизм и наука, т. т. 1, 2. Новосибирск, 1975.

Таким образом, мы видим, что интерпретацией, которая действительно говорит об истинно неоднозначном детерминизме и которая только может претендовать на то, чтобы стать основой нелапласовского детерминизма, является только тот тип, который наиболее слаб и малоудовлетворителен из всех возможных интерпретаций, поскольку именно он ничего по сути дела не интерпретирует и ничего не объясняет. Теперь уже несложно понять, почему до сих пор «современный детерминизм» не получил всеобщего признания, несмотря на то, что он нацелен на объяснение фактов, которые сами по себе всеми признаются.

Мы полагаем, что такая ситуация складывается не из-за отсутствия изобретательности у методологов. Любая интерпретация, насколько бы изощрена она ни была, либо должна опираться на допущение скрытых параметров (то есть быть вариантом лапласовского детерминизма), либо просто констатировать наличие вероятностной причинности без какого—либо объяснения — иначе быть не может, пока предлагаемая интерпретация основывается на идее, которая известна в истории философии и логики под названием *закона достаточного основания*. Именно это идея, по нашему убеждению, делает невозможным рациональное осмысление явления подлинной неоднозначности.

В следующей главе мы попытаемся развить этот тезис.

## Глава 5

### ЗАКОН ДОСТАТОЧНОГО ОСНОВАНИЯ

**5.1.** Закон, или принцип достаточного основания был впервые сформулирован в качестве великого начала Готфридом Вильгельмом Лейбницем. В одном из своих сочинений 1714 года Лейбниц следующим образом вводит этот закон: «Теперь нам следует, — пишет он, — подняться на высоту *метафизики*, пользуясь *великим началом*, к которому обыкновенно редко прибегают и которое гласит следующее: ничего не делается без достаточного основания, то есть не происходит ничего такого, для чего нельзя было бы при полном познании вещей<sup>1</sup> указать основания, достаточного для определения, почему это происходит так, а не иначе» (Лейбниц, 1808, с. 329—330, подчеркнуто автором)<sup>2</sup>.

Хотя автором явно сформулированного «великого начала» был Лейбниц, однако он вряд ли является изобретателем самого принципа. Последний существовал и использовался (явно или имплицитно) на протяжении десятков веков (если не вообще всего развития цивилизации). По крайней мере, уже Левкипп и Демокрит утверждали нечто вполне аналогичное закону достаточного основания: «Ни одна вещь, — говорили они, — не возникает беспричинно, но *все возникает на каком-нибудь основании* и в силу необходимости» (Маковельский, 1946, с. 208)

<sup>1</sup>Обратим внимание, что Лейбниц говорит о *полном* познании то есть, говоря современным языком, о познании, не оставляющим места для скрытых параметров.

<sup>2</sup>Другие формулировки закона достаточного основания см.: Лейбниц, 1982, т. 1, с. 408, 433, 441, 500, 567 и др. В последнем издании вместо выражения «великое начало» в приведенной цитате употреблено выражение «великий принцип» (см. с. 408).

---

(подробнее см. дальше, § 5.4). То обстоятельство, что в этом отрывке причинность и основание фактически идентифицируются — не случайно. В неявной форме подобное отождествление вполне обычное явление (Аристотель, Декарт).

### **Двойственность «великого начала» Г. В. Лейбница**

**5.2.** Существенной характеристикой развития принципа достаточного основания, оказавшего значительное влияние на научное познание, является то, что он почти всегда обладал двойкой сущностью — логической (или шире — гносеологической) и онтологической. Оба этих аспекта принципа выступали, как правило, параллельно, а нередко и неразличимо.

Последнее обстоятельство было освящено самим Лейбницем, который в «Монадологии» формулирует свое великое начало как одновременно и логический, и онтологический закон: «Ни одно *явление* не может оказаться истинным или действительным, ни одно *утверждение* справедливым без достаточного основания, почему именно дело обстоит так, а не иначе, хотя эти основания в большинстве случаев вовсе не могут быть нам известны» (Лейбниц, 1982, т. 1. с. 418).<sup>1</sup> Дальнейшие рассуждения Лейбница не оставляют сомнения в том, что формулируемый закон понимается им и как гносеологический, и как онтологический.

В «Монадологии» Лейбниц различает два рода истин — истины разума и истины факта. Первые, говорит он, это необходимые истины, и то, что противоположно им — невозможно, тогда как истины факта — случайны, а противоположное — возможно. Разделив, таким образом, истины на логические и опытные, Лейбниц применяет свое великое начало к ним обеим в равной степени. Он пишет: «Основание для необходимой истины можно найти путем анализа,

<sup>1</sup> Сравните конец предложения с тем, что уже говорилось о скрытых параметрах.

---

разлагая ее на идеи и истины более простые, пока не дойдем до первичных.... Но *достаточное основание* должно быть также и в *истинах случайных*, или в *истинах факта*, то есть в ряде вещей, рассеянных в мире творений...» (там же, с. 418—419, подчеркнуто автором).

Слитное развитие обоих аспектов принципа достаточного основания наложило сильный отпечаток на все развитие научного знания. Оно, кроме всего, обусловило то, что принятие одного из этих аспектов одновременно означало принятие и другого: необходимость достаточного основания для логического вывода стала восприниматься как необходимость такого же основания и для событий в мире<sup>1</sup>.

Мы не намерены утверждать, что только данное обстоятельство послужило причиной того, что для всякого события стало предполагаться некоторое достаточное для него основание. По-видимому, такой подход вообще присущ человеческому мышлению, и закон достаточного основания выражает нечто такое, что образует неотъемлемую характеристику способа познания мира. Однако отмеченная двойственность формулировки этого закона позволила как бы узаконить нераздельность его логической и онтологической сущности уже в рефлексии, в эксплицитной форме.

### **Логический закон достаточного основания**

**5.3.** Дальнейшая судьба каждого из этих аспектов оказалась не вполне одинаковой. В качестве логического закона принцип достаточного основания (иногда называемый в логической литературе просто принципом основания) был принят в число четырех основных законов мышления<sup>2</sup>, с которых, как правило, начиналось (да и

<sup>1</sup> Данное обстоятельство имеет непосредственное отношение к наблюдаемому в истории философии отождествлению понятий *ratio* и *causa* (см. Бунте, 1961).

<sup>2</sup> Законов тождества, противоречия, исключенного третьего и достаточного основания.

---

сейчас начинается) изложение традиционной формальной логики. Однако надо отметить, что подобный статус принципа достаточного основания принимался не всеми логиками. Некоторые из них (например, Вильям Минто в знакомом уже нам руководстве) вообще не упоминали о нем, другие же (как, например, М.И. Владиславлев) считали его вовсе не обязательным для правильного (с точки зрения логики) мышления. В своей «Логике» М.И. Владиславлев писал по поводу закона достаточного основания следующее: «По нашему мнению, нет основания считать его законом мысли. Последняя может быть твердою и крепкою, и не удовлетворяя ему» (Владиславлев, 1881, с. 23). А.И. Введенский, настаивающий на основополагающем статусе закона достаточного основания, в сочинении «Логика как часть теории познания» остроумно комментирует это заявление: «Не поучительно ли, — говорит он, — что сам же М.И. Владиславлев, все таки, ссылается на этот же закон достаточного основания, когда отвергает его? Ведь он говорит, будто бы «нет *основания* считать его законом мысли» (Введенский, 1911, с. 249).

Не было единогласия и между теми авторами, которые признавали принцип достаточного основания одним из основных законов мышления — для одних он был естественным законом, *имманентно* присущим мышлению и которому, в силу этого, вообще невозможно изменить (Н.О. Лосский),<sup>1</sup> другие же видели в нем нормативный закон, который *становится* естественным лишь в результате систематического обучения и применения этого принципа (А.И. Введенский).<sup>2</sup> Как бы то ни было, закон достаточного основания *сохранился* в традиционной логике и до сих пор формулируется в качестве одного из основных формально-логических законов. Например, в одном из современных руководств по несимволической логике мы читаем: «В процессе рассуждения достоверными следует считать

<sup>1</sup> См.: Введенский, 1911, с. 244—245, 249.

<sup>2</sup> Там же, гл. XII, § 9.

---

лишь те суждения, относительно истинности которых могут быть приведены достаточные основания» («Формальная логика», 1977, с. 84).

Между тем с развитием математической логики обнаружилось, что то обстоятельство, что не все логики признавали за законом достаточного основания статус «одного из четырех законов мышления» имело под собой «вполне достаточное основание». Последнее заключается в том, что в отличие от законов тождества, противоречия и исключенного третьего, закон достаточного основания не поддается формализации и не может быть выражен в той же форме, какую имеют формулы логических исчислений. Иными словами, было установлено, что закон достаточного основания является утверждением совершенно иного уровня, чем другие три закона и поэтому формулироваться он может только на метаязыке, *говорящем* о формализации логики, а не на объектном языке, *на котором* она формализуется.

Как метазакон, принцип достаточного основания нашел в математической логике свое конкретное выражение в теории доказательства. Определения, которые даются доказательству в современной символической логике, целиком выражают суть приведенной выше традиционной формулировки закона достаточного основания. Приведем, например, определение, которое формулируется в «Математической логике» Стефана Клини с той ясностью, которая вообще свойственна работам этого автора<sup>1</sup>. Клини пишет: «Определим (*формальное*) *доказательство* (в исчислении высказываний) как конечный список (вхождений) формул  $V_1, \dots, V_n$ , каждая из которых или является некоторой аксиомой исчисления высказываний, или получена по  $\supset$ -правилу из некоторой пары формул, предшествующих ей в этом списке.

<sup>1</sup> Упоминаемое в приводимой выдержке  $\supset$ -правило — это правило вывода, известное в традиционной логике со времен Теофраста под названием *modus ponens*.

---

Доказательство является доказательством своей последней формулы  $B_e$ »<sup>1</sup> (Клини, 1973, с. 48). Если перевести это определение на язык традиционной логики, то сказанное означает именно то, что доказанным является только такое суждение, для которого указаны основания либо в том, что принято за очевидное, либо в том, что уже доказано, причем каждое из этих оснований является само по себе достаточным.

Таким образом, логический вариант закона достаточного основания прошел через всю историю развития познания и сохранился как общелогический принцип доказательности суждения. Утвердившись как необходимая основа всякого правильного рассуждения, он в эксплицитной форме отразил одну из тех черт, которая лежит глубоко в основе научного способа мышления. Это обстоятельство, как мы уже отмечали, сыграло немаловажную роль в том, что онтологический вариант закона достаточного основания стал чем-то столь же очевидным (интеллигибельным) и необходимым, как и его логический вариант. Хотя в истории философии и отмечалось, например, Кантом, что эти два аспекта закона достаточного основания должны быть различаемы и их нельзя отождествлять, тем не менее, если и не тождество, то по крайней мере, парность их (когда нечто единое выражается на разных языках) стала восприниматься в качестве чего-то почти самоочевидного. В современных руководствах по логике (не математической) эта связь обнаруживается очень ясно, когда пытаются перекинуть мост между логическими законами и их онтологическими источниками (см. например, уже упоминавшуюся выше «Формальную логику», с. 85).

<sup>1</sup> Отметим, что то обстоятельство, что здесь речь идет о доказательстве в исчислении *высказываний*, для наших целей не имеет значения. Тот же самый способ определения сохраняется и для доказательства в исчислении предикатов — различие заключается лишь в изменении списка аксиом и правил вывода (см. Клини, 1973, с. 133).

### Онтологический закон достаточного основания

**5.4.** Онтологический вариант закона достаточного основания<sup>1</sup> проявлялся в истории научного познания в своих различных конкретных выражениях. Он служил очень важной основой при доказательствах тех или иных научных положений общего характера.

Было бы неверно думать, что способы доказательства, основанные на принципе достаточного основания, характерны только для некоторого ограниченного периода и представляют собой лишь эпизод в истории научного познания. Специфичный для этого способ рассуждения отражает определенный стиль мышления, характерный вообще для классического периода развития науки, причем этот стиль мышления предшествовал возникновению науки в современном его понимании. Как способ доказательства,<sup>2</sup> принцип достаточного основания использовался задолго до того, как он был эксплицитно сформулирован Лейбницем.

В своеобразной форме — в качестве самоочевидной посылки — принцип достаточного основания выступал уже в античности. Такой посылкой являлся постулат, утверждавший приблизительно следующее: всякое изменение в природе необходимо предполагает достаточное для этого основание. Из этого уже с очевидностью следовало, что если нет подобного основания, то никакое изменение в природе произойти не может. В трактате «О небе» (кн. II, гл. 13) Аристотель

<sup>1</sup> Для краткости изложения целесообразно оба варианта обозначить разными названиями. Поэтому логический вариант будем называть *законом* достаточного основания, а онтологический вариант — *принципом* достаточного основания (отметим, что в литературе оба названия употребляются обычно на равных правах, хотя в логике предпочтение отдается первому из них).

<sup>2</sup> Выражение «способ доказательства» не следует понимать в логическом смысле, то есть как «правило доказательства»; речь здесь идет лишь о том, на чем *основывается* доказательство.

---

свидетельствует, что подобной посылкой при доказательствах пользовались многие философы, в частности, он указывает на Анаксимандра. Речь у Аристотеля идет о том, как философами объясняется тот факт, что Земля пребывает в покое; он пишет: «...Есть и такие, кто полагает, что Земля покоится вследствие «равновесия», ...как, например, среди старинных философов Анаксимандр. По их мнению, тому, что помещено в центре или равно удалено от всех крайних точек, ничуть не более надлежит двигаться вверх, нежели вниз, или же в боковые стороны. Но одновременно двигаться в противоположных направлениях невозможно, поэтому оно по необходимости должно покоиться» (Аристотель, 1981, т. 3, с. 334). Это доказательство на основе «принуждения равновесия» Аристотель сравнивает с утверждениями о том, что волос, если даже натягивать его сильно, не порвется, если только натягивать его *одинаково* со всех сторон, или о том, что человек, испытывающий одинаково сильно голод и жажду, но *равно удаленный* от еды и питья, не сможет двинуться с места, поскольку не будет иметь основания предпочесть одно другому.

Подобный способ рассуждения, имплицитно основывающийся на принципе достаточного основания, сохраняется на протяжении всего развития познания (и в ряде случаев дословно повторяется). Через сто лет после Аристотеля «принуждение равновесия» выступает аргументом в статике Архимеда. На это обстоятельство обращает внимание и сам Лейбниц. Вот что он пишет в одном из своих писем к Самюэлю Кларку: «Чтобы перейти от математики к физике, требуется еще другой принцип, ...а именно принцип необходимости достаточного основания, гласящий, что ничего не случается без того, чтобы было основание, почему это случается скорее так, а не иначе. Поэтому, — говорит Лейбниц, — Архимед ... был вынужден воспользоваться частным случаем великого принципа достаточного основания. Он допускает, что весы останутся в покое, если на их обеих чашах все одинаково и если на концах обоих плеч рычага поместить равные тяжести. Ибо в этом случае нет

---

никакого основания для того, чтобы одна сторона весов опустилась скорее, чем другая» (Лейбниц, 1982, т. 1, с. 433-434).

Почти через тысячу лет после Аристотеля рассуждение о человеке, испытывающем и голод, и жажду, буквально повторяется в мысленном эксперименте, приписываемом Жану Буридану (в результате эксперимента испытуемый — осел в неподвижности умирает с голода, не имея достаточного основания приблизиться к одной из охапок сена, см. § 7.13). О том же, какую силу имел этот аргумент в научном познании уже нового времени, можно составить довольно ясное представление, если ознакомиться хотя бы с тем обсуждением, которому интересующий нас вопрос подвергается в «Системе логики» Дж. С. Милля.

**5.5.** В третьей главе пятой книги с примечательным названием «Заблуждения» Милль приводит некоторые примеры доказательств, покоящихся на принципе достаточного основания. Рассмотрение их позволяет Миллю заключить, что *даже научные авторитеты* доказывают а priori существование в природе тех или иных явлений, исходя только из этого положения. При этом Милль приводит следующую формулировку принципа достаточного основания: «Явление, — гласит принцип, — должно следовать такому-то закону, потому что мы не видим оснований, почему бы оно должно было уклониться от этого закона скорее в одну сторону, чем в другую» (Милль, 1914, с. 687) (как показывают разбираемые далее Миллем примеры, этот принцип не является гносеологическим — вместо выражения «мы не видим оснований» можно написать «не имеются основания»). При этом Милль отмечает, что это не лейбницеvский принцип достаточного основания, «а тот, на который обычно ссылаются под этим названием математики», и на основе которого, по его словам, философы льстят себя надеждоv установить (не прибегая к опыту) наиболее общие истины естествознания.

---

В качестве одного из упомянутых выше примеров Милль рассматривает доказательство закона инерции; последнее гласит, что всякое находящееся в покое тело может начать двигаться только подвергшись воздействию внешней силы. Этот закон, говорит Милль, доказывается следующим образом: если бы, рассуждают ученые, тело двигалось без воздействия внешней силы, то оно должно было бы двигаться в каком-либо определенном направлении (например, вверх); однако без действия внешней силы (без принуждения) у него не может быть никакого *основания* предпочесть одно направление всем другим, в равной мере возможным — например, двигаться скорее вверх, чем вниз, или вправо и т. д.; *следовательно* тело вообще не будет двигаться.

Как видим, авторитетные, по оценке Милля, ученые вполне прониклись идеей достаточного основания и на ней, как на вполне очевидной истине, строят доказательства законов природы.

Аналогичным образом, говорит Милль, доказывается и первый закон движения: тело, раз начавшее двигаться и предоставленное самому себе, будет продолжать двигаться единообразно по прямой линии. Доказательство строится следующим образом: если бы, говорится, тело двигалось не по прямой линии, то оно должно было бы уклониться в какую-либо сторону — либо вверх, либо вниз, либо вправо и т. д.; между тем у тела нет никакого основания сделать такой выбор и предпочесть одну из сторон другой; таким образом, тело не может отклониться в сторону и будет продолжать двигаться по прямой.

**5.6.** Несложно заметить, что в картине мира, в котором непреложно действует принцип достаточного основания — или принуждения равновесия — вещи имеют склонность оставаться скорее неизменными, чем менять свое состояние. В рамках принципа достаточного основания отсутствие всяких изменений является, если можно так выразиться, более естественным состоянием мира, чем наличие каких-либо

---

изменений, поскольку изменения требуют чего-то, что могло бы вынудить систему поменять свое состояние, тогда как для того, чтобы оставаться неизменным ровным счетом ничего не требуется — это естественное для всякой системы поведение<sup>1</sup>. В таком мире отсутствие события является чем-то более первичным, чем само событие.

Последнее обстоятельство вполне ясно выражено Декартом, который в «Началах философии» оценил идею естественной неизменности мира (при отсутствии принуждений к изменению) как первый закон природы; закон гласит: «Всякая вещь пребывает в том состоянии, в каком она находится, пока ничто ее не изменит» (Декарт, 1950, с. 486). Согласно этому закону, тело будет всегда покоиться, если оно в данный момент покоится, и будет вечно двигаться, если оно уже движется. Таким образом, для Декарта естественным состоянием вещей является не *покой*, как это может показаться, а именно *сохранение* того состояния, в котором вещь пребывает (и это, мы полагаем, составляет суть принципа достаточного основания). Поэтому, если вещь находится в движении, то мы, говорит Декарт, «не имеем также основания полагать, чтобы... она когда-либо прекратила это движение или чтобы оно ослабело, пока не встретилось что-либо его прекращающее или ослабляющее» (там же). Формулируемый далее Декартом второй закон природы уточняет эту мысль. Согласно ему «всякое движущееся тело стремится продолжать свое движение по прямой», хотя в некоторых случаях бывает вынуждено от него отклониться, встретившись на своем пути с другими

<sup>1</sup> Кстати, именно за это и критиковал Аристотель принцип «принуждения равновесия», поскольку для него естественным состоянием вещей являлось не неизменность, а стремление достичь определенного (естественного для них) состояния (места). Аристотель писал: «эта теория остроумна, но не верна. Согласно ей, все, что только будет помещено в центре, должно оставаться в покое, следовательно, и огонь пребудет в покое ... Наблюдение показывает, что земля не только покоится в центре, но и движется к центру ... Следовательно, она покоится не потому, что равно удалена от крайних точек: это общее свойство всех тел, а движение к центру — особенность земли» (Аристотель, 1981, т. 3, с. 334—335).

---

телами (там же, с. 487).

Легко заметить, что приведенные два закона природы Декарта образуют первую аксиому в системе механики Ньютона, совпадая с ней почти буквально; эта аксиома формулируется Ньютоном в «Математических началах натуральной философии» следующим образом: «Каждое тело, — гласит аксиома, — продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние» (Ньютон, 1936, с. 39).

**5.7.** Разумеется, в современной науке принцип достаточного основания в форме «принуждения равновесия» не выступает *explicite* в качестве аргумента при обосновании явлений природы. Тем не менее сам по себе принцип достаточного основания в своей основной форме (как онтологический эквивалент логического закона достаточного основания) глубоко укоренился в научное познание, создав незыблемую основу для картины однозначно детерминированного мира.

Непосредственная связь между тем, что именуется лапласовским детерминизмом и рассматриваемым здесь принципом достаточного основания вполне ясно демонстрируется тем (упускаемым в литературе из виду) обстоятельством, что существо лапласовского детерминизма, содержащегося в широко цитируемом высказывании Лапласа о великом уме, выражено почти в тех же словах задолго до Лапласа автором «великого закона» о необходимости достаточного основания. Вот слова Лейбница, сказанные им не менее чем за сто лет до появления (в 1817 г.) книги Лапласа «Опыт философии теории вероятностей»: «...Если бы кто-нибудь сумел в достаточной мере проникнуть в более глубокие составные части вещей и к тому же обладал достаточной памятью и разумением для того, чтобы учесть все обстоятельства и не оставлять ничего без внимания, то он бы был пророком и видел бы будущее в

---

настоящем, как в зеркале» (Лейбниц, 1982, т. 1. с. 237—238)<sup>1</sup>. Следует отметить, что Лейбниц сам осознавал глубокую связь своего принципа достаточного основания с картиной мира, в которой господствует однозначный детерминизм, и на эту связь он совершенно ясно указывал; мы читаем: «...Все в универсуме связано таким образом, что *настоящее таит в себе в зародыше будущее* и всякое настоящее состояние естественным образом объяснимо только с помощью другого состояния, ему непосредственно предшествовавшего. Отрицать это — значит допускать в мире существование пустых промежутков, hiatus'ов, *отвергающих великий принцип достаточного основания* и заставляющих нас при объяснении явлений прибегать... к *чистой случайности*. Я, однако, думаю, что, говоря языком алгебры, если в одной формуле высшей характеристики выразить какое-либо одно существенное для универсума явление, то в такой формуле можно прочесть последующие, будущие явления во всех частях универсума и во все строго определенные времена» (там же, с. 211—212). Принимая «полную преформированность» будущего мира, Лейбниц, тем не менее, оставлял места для неоднозначности, и поступал он при этом так, как после него поступали и Лаплас, и многие другие (см. § 4.6.). Следующий отрывок из работы Лейбница с примечательным названием «О предопределенности» показывает, насколько современные интерпретации стохастических явлений лежат в русле классической картины мира, основывающейся на принципе необходимости достаточного основания: «...Весь будущий мир, — признает Лейбниц, — уже задан в

<sup>1</sup> Приведем для сравнения высказывание Лапласа: «Ум, которому были бы известны для какого-либо данного момента все силы, одушевляющие природу, и относительное положение всех ее составных частей, если бы вдобавок он оказался достаточно обширным, чтобы подчинить эти данные анализу, обнял бы в одной формуле движения величайших тел вселенной наравне с движениями легчайших атомов: не осталось бы ничего, что было бы для него недостоверным, и будущее, так же как и прошедшее, предстало бы перед его взором» (Лаплас, 1908, с. 9).

---

мире современном и полностью преформирован», тем не менее, однако, человеческому разуму недоступно это будущее, ибо «ограниченный рассудок не в состоянии предвидеть будущие события исходя из существующих обстоятельств, потому что мир состоит из бесчисленных вещей, которые взаимодействуют, и нет такой вещи, сколь бы малой, отдаленной она ни была, чтобы, согласно своей мере, она не вносила никакого вклада во всеобщее взаимодействие... Малые вещи часто вызывают огромные и сильные изменения», — заключает Лейбниц, и в качестве иллюстрации сказанному рассматривает случай, когда мушка может вызвать изменения в целом государстве (летая, например, перед носом короля, принимающего решение государственного значения) (там же, с. 238).

**5.8.** Отразив собой определенный (конкретный) опыт исследования определенных (конкретных) явлений мира, постулат — ничего не происходит в природе без достаточного основания — стал самоочевидной истиной, приобретая подобие психологической парадигмы, вне которой научное познание, казалось, потеряет под ногами почву. Как это нередко случается в науке, положение, которое выведено из наблюдений (очевидно неполных) над миром и которое, в силу этого, обязательно для науки (пока оно соответствует явлениям природы), превращается во всеобъемлющую истину, столь очевидную, что становится обязательным не *для познания* мира, а *для самих* явлений мира, причем вопрос о том, соответствует ли оно им или не соответствует, становится излишним. Как пишет Ф. Энгельс, «законы, абстрагированные из реального мира, противопоставляются ему как нечто самостоятельное, как явившиеся извне законы, с которыми мир должен сообразоваться» (К. Маркс, и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, с. 38). При этом игнорируется то обстоятельство, что всякое научное суждение о мире потому и научно, что оно не предписывает миру, *каким* ему следует быть.

---

Что же «касается предмета нашего рассмотрения, то мы полагаем, что вопрос о том, нужны ли *природе* достаточные основания, чтобы что-либо в ней произошло, следует предоставить на усмотрение самой природы. Нас же должен занимать вопрос о том, имеем ли *мы* достаточное основание, чтобы настаивать на (онтологическом) принципе достаточного основания.

### **Закон достаточного основания и принципиальная стохастичность**

**5.9.** Впервые серьезный удар по непреложной истинности принципа достаточного основания был нанесен фактом принципиальной стохастичности событий микромира. Радиоактивный атом распадался без всякого на то основания именно в данный момент, а не раньше или позже; превращения элементарных частиц происходили по тому или иному каналу также без какого-либо достаточного основания и т.д. (см. § 3.3.). Подобные факты принципиально несовместимы с утверждением о необходимости достаточного основания для всякого события в мире. В согласии с «принуждением равновесия» нейтрон вообще не должен распадаться — у него нет никакого основания распасться сейчас, а не, например, через минуту; точно также невозможно превращение  $K^0$  – мезона, поскольку и у него нет никакого основания предпочесть, например, распад на три  $\pi^0$ -мезона, распаду на один  $\pi^+$ -мезон и один  $\pi^-$ -мезон и т.д.

**5.10.** В картине мира, в основе которой лежит принцип достаточного основания, нет места подлинно случайным событиям. Мышление, для которого этот принцип является самоочевидной истиной, не может рационально осмыслить принципиальную стохастичность (а следовательно, и нелапласовский детерминизм). Если строго идентичные операторы и строго идентичные операнды дают различные образы, то в соответствии с этим способом мышления либо мы ошибаемся и операторы или операнды не строго идентичны, либо же мы должны отказаться от попыток что-либо вообще понять. И именно подобная несовместимость

---

(или, если так можно выразиться, неосмысленность) принципиальной стохастичности, ее противоречие с *самоочевидным* и психологически неоспоримым принципом достаточного основания является, на наш взгляд, причиной той эмоциональной реакции, которая была вызвана квантовой механикой и, прежде всего, заключающейся в ней идеей фундаментальной стохастичности.

Мы уже имели возможность убедиться, что отношение ряда физиков к идее принципиальной стохастичности определяется не фактическими и даже не логическими доводами, а невозможностью преодолеть некоторый глубокий психологический барьер. Мы склонны настаивать, что таким барьером является не что иное, как психологическая невозможность согласиться с нарушением принципа достаточного основания. И поиски скрытых параметров суть попытки спасти именно этот принцип.

Кроме того, мы видели также, что те из физиков, которые отказались от прямого постулирования скрытых параметров, тем не менее в завуалированной форме (если не сказать — незаметно для себя) прибегают именно к ним, когда пытаются рационально осмыслить, то есть интерпретировать вероятностную причинность. Пока принцип достаточного основания сохраняет свою силу, иначе, по-видимому, и не может быть. Даже те из физиков, которые отстаивают принципиальную стохастичность процессов микромира и пытаются обосновать ее, делают это, как ни парадоксально, в рамках того же принципа достаточного основания, то есть в тех именно рамках, в которых вообще невозможно осмыслить этот факт. Недаром Эйнштейн так и не смог найти убедительными рассуждения физиков, которые хотели на *рациональном* языке убедить его в том, что принципиальная случайность (стохастичность), отнесенная к поведению единичного объекта, не предполагает принятие образа бога, играющего в азартные игры.

---

Последний образ — бога, играющего в кости — Эйнштейн, по свидетельству Макса Борна, применял в дискуссиях и письмах очень часто. «В наших научных взглядах, — писал он Борну, — мы развились в антиподы. Ты веришь в играющего в кости бога... тогда как я убежден, что никто не играет в кости...» (Борн, 1963, с. 334, 376). Аналогичное выражение мы встречаем также в его работе «Рассуждения об основах теоретической физики», где Эйнштейн пишет: «Некоторые физики, в том числе и я сам, не могут поверить, что мы раз и навсегда должны отказаться от идеи прямого изображения физической реальности в пространстве и времени или что мы должны согласиться с мнением, будто явления в природе подобны азартным играм» (Эйнштейн, 1967, т. IV, с. 238).

Эйнштейн был, по-видимому, одним из немногих, который понимал, что при том (научном) способе мышления, который формировался веками (чем же, собственно, является «научный инстинкт», как не интериоризованной картиной мира), подлинной альтернативой классическому детерминизму может быть, пожалуй, только образ бога, бросающего кости. В самом деле, оставаясь в рамках принципа достаточного основания и требуя от каждого события определенного для него основания, мы либо должны предполагать наличие каких-то «внутренних маховиков и зубчатых колесиков» (Фейнман) (а в данном случае бог, кидающий кости, выполняет функцию скрытого параметра), либо же должны отказаться от какого-либо рационального объяснения, а следовательно, и понимания. Что это так, мы убедились, рассмотрев существующие интерпретации. И мы намерены настаивать, что иначе и не может быть, и что вовсе не случайно, что У. Р. Эшби, описывая во «Введении в кибернетику» стохастическое преобразование, был вынужден, чтобы как-то осмысленно описать индетерминированное поведение машины, прибегнуть к тому же приему, каким выступает у Эйнштейна введение образа играющего в кости бога — то есть к игре в кости (см. Эшби, 1959, с. 230).

---

Поэтому нет ничего удивительного в том, что сторонники классического детерминизма утверждали, что предлагаемые интерпретации вероятностной причинности «непонятны» (Борн, 1963, с. 286), что даже «нельзя себе представить недетерминистическую науку» (де Бройль, 1965, с. 184); и вполне можно понять Эйнштейна, когда он называет предлагаемую ему интерпретацию «неестественной» и признается, что ощущает «потребность в интерпретации событий как необходимых и полностью подчиняющихся закону (причинности)» (Эйнштейн, 1967, т. IV, с. 103, 300).

Макс Борн полагает, что за подобные высказывания сторонников классического детерминизма их следовало бы прозвать ворчунами. Однако, по-видимому, этого делать не стоит. Мы убедились, что за этим ворчанием стоит осознание отсутствия разумного (рационального) объяснения выявленных фактов. Впрочем, этого не стоит делать и по другой причине.

Дело в том, что и для самих сторонников неклассического детерминизма существующие интерпретации не менее непонятны. Нередко они сами признаются в этом. Приведем слова Ричарда Фейнмана: «...Мне кажется, — говорит он, — я смело могу сказать, что квантовой механики никто не понимает... Трудность здесь чисто психологическая — нас постоянно мучает вопрос «Как же так может быть?», в котором отражается неконтролируемое, но совершенно необоснованное стремление представить себе все посредством чего-то очень знакомого» (Фейнман, 1968, с. 139). Аналогичное высказывание содержится и в другой работе Фейнмана, где он пишет о таинственности и необычности фундаментальной статистичности квантовой механики: хотя, замечает Фейнман, по мере того, как разбирается все большее число примеров, тайна постепенно уменьшается (мы бы от себя добавили — перестает замечаться), тем не менее «никогда не исчезает полностью ощущение, что у этого предмета есть что-то необычное» (Фейнман, Хибс, 1968, с. 34).

## Выводы

**5.11.** Итак, мы ответили на ряд вопросов, которые были сформулированы в первой главе этой книги. Анализ проблемы убедил нас, что идея принципиальной стохастичности действительно является непонятной и не поддающейся рациональному осмыслению, если ее интерпретация осуществляется в рамках принципа достаточного основания. Картина мира, в которой сосуществуют обе эти идеи — стохастичности и достаточного основания — необходимо является противоречивой. Поэтому существующие интерпретации стохастической сущности микропроцессов не могут претендовать на то, что они способны преодолеть психологический барьер («научный инстинкт» или «научную догму») оппонирующих представлений классического образца.

Вопрос Эйнштейна — что же происходит на самом деле, независимо от наблюдений или между нашими наблюдениями — так и остается без ответа, воспринимаясь как курьез. Его упрекали в консерватизме, напоминали те времена, когда сама теория относительности была в столь же трудном положении и как Эйнштейн призывал к новому способу мышления — но самое главное, что только и следовало сказать, так и не было сказано: как же все таки понять стохастичность поведения единичного объекта, не постулируя при этом ни скрытые параметры, ни игру в кости (что, как нетрудно понять, одно и то же). Пытаясь ответить на это, ссылаются на неоднозначность начальных условий, на принцип неопределенности, на бесконечность возмущений, на невозможность изоляции объекта и т.д. и т.п. Однако все эти ответы обходят то главное, что мы хотели бы узнать — существуют ли события, отвечающие условию строгой стохастичности?

Если такие события не существуют, то, очевидно, понятия принципиальной случайности, вероятностной причинности и пр. становятся лишь удобными метафорами — и нет никакой необходимости говорить о нелапласовском

детерминизме. Но при этом необходимо будет отказаться и от существующей квантовой механики и, как говорил фон Нейман, пожертвовать хорошей научной теорией. Это, разумеется, не тот путь, по которому следовало бы идти.

В таком случае надо ответить на наш вопрос утвердительно и признать, что подлинно стохастические события возможны. Но при этом возникает естественная необходимость как-то понять этот факт. Мы видели, что в рамках традиционного способа мышления, который глубоко проникнут принципом достаточного основания, такое понимание невозможно, ибо эти две идеи противоречат друг другу. Нужно искать, по-видимому, какой-то радикальный выход. В следующих двух главах книги мы попытаемся предложить в качестве такого выхода точку зрения, которую мы сформулируем в виде принципа ограничения.

*Часть II*  
**Принцип ограничения**

**Понятия, которые оказались полезными в упорядочении вещей, легко приобретают над нами такую власть, что мы забываем об их человеческом происхождении и принимаем их за неизменно данное.**

**АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН**

## Глава 6

### ПРИНЦИП ОГРАНИЧЕНИЯ

**6.1.** Мы убедились, что принцип достаточного основания согласуется с картиной мира, для которого первичным является состояние неизменности, ибо «порядок составляет прочное и длительное состояние, которое само по себе стремится пребывать безгранично», тогда как «всякое движение вызывает своего рода космический беспорядок, нарушения равновесия Вселенной» (Койре, 1985, с. 133—134). Согласно этому представлению без принуждения не только в мире ничего не начинается, но ничто в нем и не прекращается. Мир, в котором справедлив принцип достаточного основания, таков, что для него отсутствие событий является более «естественным», чем сами события. В подобном мире всякое событие нуждается в чем-то таком, что нарушило бы «естественное» состояние неизменности и заставило бы событие произойти. При этом ясно, что, для того, чтобы ничего не произошло, ничего и не требуется: отсутствие события не требует ничего, кроме отсутствия принуждения.

В качестве альтернативы мы хотим предложить диаметрально противоположный взгляд на мир. Последний может быть сформулирован в виде определенного принципа различными способами, и не исключено, что некоторые из них выражают суть дела яснее, чем другие. Хотя мы сейчас попытаемся дать несколько таких формулировок, однако следует иметь в виду, что полностью содержание того, что мы будем называть принципом ограничения, раскроется лишь на протяжении всего изложения.

---

**6.2.** В противоположность той точке зрения, в соответствии с которой в мире ничто не может произойти без достаточного на то основания, мы будем исходить из картины мира, согласно которой в мире могут происходить любые мыслимые события<sup>1</sup>, у которых нет основания не произойти. Таким образом, в предлагаемой картине мира основание требуется не для нарушения неизменности мира, а для того, чтобы события не происходили, то есть для того, чтобы сохранить мир неизменным.

Подобный перенос достаточного основания с событий, которые происходят в мире, на события, которые не могут в нем произойти, можно было бы выразить, переформулировав соответствующим образом высказывание Лейбница, приведенное в § 5.2. Если сохранить смысл тех понятий, которыми пользовался Лейбниц, формулируя свое «великое начало» (в его онтологическом аспекте), то последнее в рамках предлагаемого здесь принципа ограничения могло бы гласить следующее: «Ни одно явление не может оказаться *не* действительным без достаточного основания, почему именно дело обстоит так, а не иначе».

Быть может, существо того, что вносится принципом ограничения в картину мира, станет яснее, если мы воспользуемся несколько иной формулировкой закона достаточного основания, который приводится Артуром Шопенгауэром в его работе «О четверояком корне закона достаточного основания» и который звучит так: «Ничто не существует без основания для своего бытия» (Шопенгауэр, 1900, с. 6; формулировка, согласно Шопенгауэру, принадлежит Вольфу). Это утверждение приобретает в соответствии с принципом ограничения следующую (стилистически отнюдь не удачную) форму: «Ничто не существует без основания для своего небытия». В той

<sup>1</sup>Множество мыслимых событий соответствует тому, что в литературе обычно именуется «абстрактным пространством возможностей» (см., например, Эшби, 1966, с. 316).

---

мере, в какой в первом утверждении *не* предполагаются достаточные основания для всего *не существующего*, в той же мере во втором утверждении не предполагаются достаточные основания для всего *существующего*.

Последнее обстоятельство заслуживает того, чтобы его подчеркнуть особо. Поэтому мы дадим еще одну формулировку принципа ограничения, воспользовавшись для этого чрезвычайно подходящим для данной цели высказыванием Лейбница — оно содержится в одном из его писем Самуэлю Кларку. В ответ на обвинение со стороны Кларка, что Лейбниц допускает в своих рассуждениях *petitio principii*<sup>1</sup>, Лейбниц восклицает: «Но пусть только подумают, какой принцип имеется в виду! Дай Бог, чтобы никогда не исходили из менее ясных принципов! Это принцип необходимости достаточного основания для того, чтобы вещь существовала, чтобы *событие наступило*, чтобы истина имело место» (Лейбниц, 1982, т. 1, с. 500). Оставляя в стороне общие пожелания Лейбница, а также Логическую часть высказывания (о необходимости достаточного основания для того, чтобы истина имело место), повторим фразу Лейбница, приведя ее в соответствие с принципом ограничения; она будет звучать так: «...это принцип необходимости достаточного основания для того, чтобы вещь *не* существовала, чтобы *событие не наступило*...».

Мы бы хотели, чтобы читатель обратил внимание на конец последней фразы. В предлагаемой нами картине мира событийность выступает первичным свойством, поэтому именно для *отсутствия* события необходимо предположить достаточное основание. В мире, в котором справедлив принцип ограничения, события происходят не потому, что существуют законы, предписывающие тем или иным событиям совершиться. Наоборот, здесь события происходят именно потому, что не существует законов, предписывающие им *не совершиться*. Эта перестановка акцента связана с

<sup>1</sup>Логическая ошибка, в основе которой лежит попытка обосновать некоторое положение другим положением, которое само требует (не меньшего) обоснования.

---

изменением взгляда на мир и на законы, действующие в мире.

### Основные посылки

**6.3.** Изменение, о котором мы говорим, включает в себе прежде всего две посылки, с которыми, согласно принципу ограничения, должна согласоваться научная картина мира. Первая из этих посылок состоит в признании спонтанной и имманентной событийности мира. Это означает, как уже должно быть ясно читателю, что мир изначально, то есть по своей природе, событиями и изменениями являются его неотъемлемым свойством. Поэтому в мире, первичным свойством которого являются изменения, необходимо принуждение, чтобы что-то оставалось неизменным. Если воспользоваться конструкцией, которая была выделена в § 6.1, то можно эту мысль выразить так: в мире, согласующимся с принципом ограничения, отсутствие всякого мыслимого события требует основания, тогда как само событие не требует ничего, кроме отсутствия принуждения (запрета на него). Таким образом, в изначально событийном мире любые возможные события происходят *только* потому, что они возможны (или не запрещены), и основания требуют не возможные события, но их отсутствие. Здесь мы подходим ко второй посылке, на которой основывается предлагаемая картина мира.

**6.4.** Существо второй посылки составляет представление о законах мира как об ограничителях разнообразия мыслимых событий. Согласно этому представлению, законы мира не предписывают, что именно должно происходить; они лишь запрещают то, что могло бы произойти в отсутствии данного запрета.

Реальный мир — это мир, в котором действует множество запретов; чтобы в нем произошло некоторое определенное событие, необходимо (*и достаточно*), чтобы оно не нарушало ни один из существующих запретов. Совершенно ясно, что спонтанно-событийный мир, в котором отсутствуют запреты, представлял

бы собой полностью хаотичный мир. Подобный мир отстоит от известного нам мира ровно настолько, насколько в нем отсутствуют ограничения.

Хаотичный мир без ограничений — это абстракция, трудная для наглядного представления. Это мыслимый мир, наиболее далекий от привычного нам окружения. Тем не менее здесь мы берем его за исходную картину мира, в которой ограничения, вводимые на разнообразие событий, образуют то, что мы называем законами мира. Иными словами, именно запреты, сдерживая хаотичность, образуют рамки, которые сужают событийность мыслимого мира и делают его упорядоченным.

Таковы в самом общем виде посылки, на которых зиждется принцип ограничения: спонтанная событийность мира и запрещающая сущность законов, ограничивающих хаотичность мира<sup>1</sup>. Оставляя пока в стороне многие вытекающие отсюда обстоятельства, обратим внимание на одно, быть может, наиболее простое из них.

**6.5.** Если законы природы суть запреты, ограничивающие мыслимое разнообразие событий, то, в таком случае, они не должны ничего говорить о том, *какие* из незапрещенных событий должны происходить. В самом деле, запреты непосредственно указывают лишь на невозможные события — все, что возможно, остается за сферой действия ограничений. В этом довольно легко убедиться на следующем простом примере.

Пусть в мире  $W$ , в котором не существует никаких ограничений, мыслимы следующие  $k$  событий  $a_1, a_2, \dots, a_k$ . Поскольку  $W$  — это спонтанно-событийный мир, то в нем в каждый момент времени может происходить (или не происходить) любое из  $k$  событий. Для этого не предполагаются никакие основания, ибо

<sup>1</sup> Пусть читателя не смущает фрагментарность изложения посылок. Они будут подробно рассмотрены ниже.

в мире  $W$  ни на одно из  $k$  событий не существует запрета.

Введем теперь в наш хаотический мир  $W$  ограничения — иными словами, сделаем некоторые из событий  $a_1, a_2, \dots, a_k$  невозможными. Допустим, что невозможными окажутся первые  $i$  событий  $a_1, a_2, \dots, a_i$ . Как только это произойдет, мир  $W$  из хаотического превратится в мир  $W'$ , в котором существует порядок. Именно наличие порядка делает невозможными в мире  $W'$  события  $a_1, a_2, \dots, a_i$ . Впрочем, это утверждение можно конвертировать: именно невозможность событий  $a_1, a_2, \dots, a_i$  делает мир  $W'$  упорядоченным.

Ограничения на разнообразие мыслимых событий создало различие между мыслимыми и возможными событиями. Мы всячески хотим подчеркнуть, что не что иное, как это различие лежит в основе упорядоченности мира. Иными словами, чтобы говорить о существовании закономерности, необходимо, чтобы в мире не всякое мыслимое событие было возможно.

**6.6.** С первого же шага в мире  $W'$  создаются различия в определенности разрешенных и запрещенных событий. Существо этого различия нетрудно понять, если не упускать из виду характер действующих в мире  $W'$  законов. Рассмотрим это.

Вводя ограничения на события  $a_1, a_2, \dots, a_k$  мы сделали первые  $i$  событий невозможными. Это означает, очевидно, что события  $a_1, a_2, \dots, a_i$  никогда и ни при каких условиях в мире  $W'$  не произойдут. А поскольку это так, то можно заранее предсказать, что пока мир  $W'$  таков, каков он есть, ни в один момент времени мы не будем наблюдать в нем ни одно из событий  $a_1, a_2, \dots, a_i$ . Это будет абсолютно достоверное предсказание. Но можно ли сказать нечто столь же определенное о событиях  $a_{i+1}, a_{i+2}, \dots, a_k$ , возможных в мире  $W'$ ?

Следует помнить, что совокупность возможных событий  $a_{i+1}, a_{i+2}, \dots, a_k$  представляет собой подмножество универсума мыслимых событий.

---

Мир  $W'$ , в котором возможны события  $a_{i+1}, a_{i+2}, \dots a_k$  — это тот же мир  $W$ , но только сузившийся. Как часть универсума, он продолжает оставаться спонтанно-событийным миром, в котором в каждый момент времени происходит (или не происходит) любое из событий  $a_{i+1}, a_{i+2}, \dots a_k$ . Для этого не предполагаются никакие основания, поскольку, согласно законам мира  $W'$  ни на одно из событий  $a_{i+1}, a_{i+2}, \dots a_k$  не существует запрета. Отсюда проистекает ряд важных следствий, которые будут рассмотрены ниже. Здесь же, поскольку сейчас нашей целью является лишь разъяснение смысла, вкладываемого нами в принцип ограничения, достаточно будет отметить следующее.

Мы приняли, что законы мира представляют собой запреты, которые говорят лишь о том, какие из мыслимых событий *не должны* происходить. Но если это так, то вполне очевидно, на первый взгляд, что они вообще не имеют отношения к тем событиям, на которые не существует запрета. Именно так, по-видимому, обстоит дело с событиями  $a_{i+1}, a_{i+2}, \dots a_k$ . Однако, сделав подобное заключение, мы будем не до конца точны.

Дело в том, что исключив из универсума некоторое определенное подмножество невозможных событий, законы мира очерчивают тем самым также и подмножество возможных событий. Данное обстоятельство совершенно тривиально: если некоторый класс делится дихотомически, то не имеет никакого значения, какой из двух подклассов выделяется *explicité* — в любом случае задаются оба подкласса. Поэтому, несмотря на то, что законы рассматриваемых нами миров говорят лишь о невозможных событиях, они в то же время очерчивают совокупность всех возможных событий. Собственно, именно в силу этого обстоятельства мы смогли узнать, что события  $a_{i+1}, a_{i+2}, \dots a_k$  являются возможными в мире  $W'$ .

Таким образом, не здесь лежит различие отношения запретов к невозможным и возможным событиям. Между тем различие существует, и оно столь важно,

---

что мы не хотели бы, чтобы оно ускользнуло от внимания читателя. Различие, о котором мы говорим, касается не того, *что* именно выделяет всякий запрет из универсума мыслимых событий — каждый из них выделяет в равной мере и возможные, и невозможные события; различие касается того, *как* выделяются запретами множества возможных и невозможных событий.

6.7. Очерчивая в универсуме круг событий, которые не должны происходить, каждый запрет не только выделяет совокупность невозможных событий, но и распространяется на каждое из событий *непосредственно* — говорит о каждом из них индивидуально. Отсюда становится ясным, что о любом из запрещенных событий может быть сделано предсказание, в точности которого невозможно сомневаться, а именно то, что в некоторый заданный момент времени  $t$  некоторое определенное событие  $a_j$  не произойдет. Это предсказание абсолютно однозначно.

Совершенно по иному обстоит дело в том случае, когда запреты задают класс возможных событий. Как мы уже говорили, указывая события, которые запрещены, законы мира (тем самым) вполне определенно указывают на те события универсума, которые могут произойти в любое время. Однако это вовсе не означает, что законы мира говорят при этом *какое* именно из мыслимых событий произойдет в каждый из моментов времени. В самом деле, из того обстоятельства, что в спонтанно-событийном мире любое из возможных событий может произойти в любое время, еще не следует, что в некоторый определенный момент времени  $t$  непременно произойдет некоторое определенное событие  $a_j$ . Законы мира, ограничивая разнообразие мыслимых событий, однозначно говорят о том, чего не должно быть и относятся к каждому запрещенному событию в отдельности. Между тем о возможных событиях индивидуально законы мира ничего не говорят: они характеризуют не единичные события, а все множество.

В самом деле, относительно незапрещенных событий законы мира являются законами возможностей, а не необходимостей. А это, по существу, означает не что иное, как то, что в спонтанно-событийном мире законы ничего не говорят о том, *что* именно должно произойти в каждый данный момент времени. Иными словами, события в мире происходят не потому, что они должны произойти (согласно некоторым законам), а именно потому, что они могут произойти, не нарушая законы; очевидно, что законы при этом не могут ничего говорить о том, какие именно события должны произойти в каждый данный момент времени. Эта перестановка акцента, как мы уже говорили, составляет существо принципа ограничения.

#### **Два типа законов**

**6.8.** Нетрудно было заметить, что в ходе изложения мы делали различие между двумя представлениями о сущности законов мира. С одной стороны, мы говорили о представлении, согласно которому законы мира являют собой некоторые императивы, в соответствии с которыми при определенных условиях  $S$  необходимо происходят некоторые определенные события  $a_1, a_2, \dots \dots a_n$ , и никакие иные события, отличные от  $a_1, a_2, \dots \dots a_n$  не происходят. С другой стороны, мы говорили о законах мира как о некоторых ограничениях, в силу которых при определенных условиях  $S$  не могут произойти события  $a_1, a_2, \dots a_n$ , но могут произойти любые другие события, отличные от  $a_1, a_2, \dots \dots a_n$ . Эти два представления о законах мира мы должны тщательно различать, если только хотим понять существо того, что составляет основу принципа ограничения. Это настолько важно, что полезно было бы, по-видимому, разъяснить его на более конкретном примере. Для этого воспользуемся простой аналогией, способной, тем не менее, сделать смысл сказанного вполне прозрачным.

---

**6.9.** Вообразим себе две исследовательские группы — например, логиков — перед каждой из которых стоит некоторая сложная задача. Условия работы таковы, что для достижения результата необходимы совместные усилия одновременно пяти логиков — не больше и не меньше — в течении десяти часов ежедневно.

Руководство исследовательской работой в первой группе «А» поручено человеку, который строго придерживается традиционного представления о законах мира как об императивах и своими действиями осуществляет именно это представление. Второй же группой «В» руководит человек, который убежден в ограничительной сущности любого закона и соответственно *этому* осуществляет свое руководство.

Рассмотрим сперва ситуацию в группе «А». В соответствии со своими представлениями о том, каковы «функции» законов в регулировании хода событий, руководитель группы «А» составляет список всех логиков (пусть в каждой группе их будет 20), которые должны принимать участие в решении задачи. Поскольку одновременно могут работать только пять человек, а руководитель понимает, что ни один из них не в состоянии продуктивно работать в течении всех десяти часов, то он составляет график, в соответствии с которым они должны сменять друг друга через определенные промежутки времени. Для этого он выбирает первую пятерку логиков  $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5$ , оценивает работоспособность каждого из них и делает указания примерно следующего рода: «Начинают работу логики  $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5$ ; ровно через 12 минут  $L_1$  должен быть заменен логиком  $L_6$ , еще через 8 минут  $L_7$  заменяет  $L_2$ , а  $L_8$  —  $L_3$ ; через 15 минут  $L_9$  заменяет  $L_4$  и т. Д.». Точно так же руководитель группы «А» оценивает работоспособность второй пятерки  $L_6, L_7, L_8, L_9, L_{10}$  и указывает в графике, когда именно каждый из них должен быть заменен логиком из третьей пятерки  $L_{11}, L_{12}, L_{13}, L_{14}, L_{15}$ , и т.д. Таким образом составляется обширный и точный

график, детально описывающий весь ход работы. Такой график как нельзя лучше воплощает традиционное понимание регулирующей сущности законов мира.

Руководитель группы «В» поступает несколько иначе. Он приглашает к себе всех членов группы и говорит им приблизительно следующее: «Вам известна проблема, над которой мы должны работать в течении десяти часов ежедневно. Работать могут одновременно пятеро из вас — не больше и не меньше. Кто именно будет работать и в каком порядке — не имеет значения. Сменяйте друг друга когда хотите и как хотите. Лишь одно требуется — чтобы в течении десяти часов за столом работало ровно пять человек».

Читателю не следует сейчас отвлекаться на административные достоинства этих методов руководства. Независимо от того, какой из них с этой точки зрения эффективнее (наверное, второй, если группа подобрана с умом), руководитель группы «В» поступает в данном случае так, как, по его представлению, действуют в мире ограничительные законы (подробнее см. § 7.3—7.5).

### **Хаос и порядок**

**6.10.** Характеризуя событийность мира, мы пользовались словом «хаос». Это не совсем четкое понятие. Чаще всего оно воспринимается как метафора. В ряде случаев под хаосом понимают нечто такое, что имеет отношение к состоянию наших знаний, а не мира. Таково, например, мнение Харлоу Шепли, который полагает, что поскольку в физическом мире все упорядочено физическими законами, то в нем хаоса как такового не существует. «Хаос, — считает Шепли, — является неосознанным порядком; это слово указывает на ограниченность человеческого ума и недостаток наблюдательных данных. Слова «хаос», «случайный», «непредсказуемый» — те удобные понятия, за которыми мы скрываем наше невежество» (Шепли, 1962, с. 67).

---

Следует, пожалуй, согласиться, что нет ничего более далеко отстоящего от мира, который мы знаем, чем картина хаоса. Наука и вообще всякое знание о мире возможны только в том случае, если в нем царит порядок, а не хаос. Там, где нет регулярностей, не только невозможно познание, но невозможно существование и познающего. Поэтому, для того, чтобы представить себе мир, лишенный своих ограничений и потому полностью хаотичный, нам следовало бы, согласно У.Р. Эшби, обратиться к волшебным сказкам или к «сумасшедшему фильму»; однако даже в них, резонно замечает Эшби, отсутствует лишь некоторая часть всех ограничений (Эшби, 1959, с. 187).

Разумеется, все это так, если речь идет о мире, который мы знаем и который соответствует классическим представлениям. Между тем нас интересует более широкий вопрос. Мы хотим знать, действительно ли понятие хаоса должно быть ограничено только лишь сферой познания, или же ему соответствует нечто такое, что существует в самом мире. Посмотрим, дает ли нам современная наука какие-либо основания сделать выбор между этими двумя альтернативами.

**6.11.** Даже относительно классической картины мира было бы неверно утверждать, что в нем вообще нет места хаосу. Случайные флуктуации могут, согласно ей, очень сильно искажать ход событий, настолько, что последний может потерять всякую регулярность и стать чем-то таким, что уже мало отличается от хаоса. Однако все дело заключается в том, что с классической точки зрения хаос может быть результатом *нарушения* порядка, но никогда не отсутствия его. Порядок вообще не может отсутствовать — он всегда существует и пронизывает мир до его бесконечных глубин. Его можно нарушить случайными воздействиями, но на более глубоком уровне всегда будет присутствовать порядок: хаос может царить лишь поверх порядка как его флуктуация. Нельзя найти такую точку в пространстве или во времени, где бы порядка

изначально не было. Подобная (классическая) точка зрения на место порядка и хаоса в мире может быть резюмирована словами Стаффорда Бира о том, что «порядок более естествен, чем хаос» (Бир, 1965, с. 44).

Достижения современной физики внесли в эти представления кардинальные изменения. Было обнаружено наличие хаоса в глубоких недрах природы. В результате сложилась картина мира, отличная от воззрений, присущих науке классического периода.

Согласно новой картине мира в основе всех событий в мире лежит именно хаос, и только там, где он ограничен законами природы (законами сохранения, см. § 6.15) создается порядок. Хаос ничего не нарушает. Он отражает «естественное» состояние мира и именно он сам «нарушается» порядком.

Современная точка зрения исходит из того, что в глубинах природы господствует хаос, имеющий поистине фундаментальный характер, в то время как порядок царит лишь поверх хаоса — как его ограничение. «Новые представления, — пишет Кеннет Форд, — это представления о хаосе *внутри* порядка, или, что то же самое, о порядке, который господствует над царящими в его более глубоких недрах хаосе» (Форд, 1965, с. 272). Подобная смена представлений об отношении порядка и хаоса лежит в основе перехода физики от классического видения мира, сформировавшегося на протяжении последних трехсот лет, к современной картине мира, сложившейся в результате развития теории относительности, квантовой механики и физики элементарных частиц.

**6.12.** Мы говорили, что для того, чтобы представить себе мир без ограничений, У.Р. Эшби советует обратиться к «сумасшедшему» фильму или к волшебным сказкам. Возможно, однако, что той же цели можно достичь более эффективным путем, если обратиться не к «сумасшедшему» фильму, а к современной физике.

Неожиданная картина раскрылась перед исследователями микромира. Обнаружилось, что в глубинах пространства события в безудержном вихре

---

сменяют друг друга. Непрерывно превращаясь друг в друга, рождаются и гибнут элементарные частицы, для которых бесконечные взаимопревращения — главная черта их бытия, факт их существования (Мякишев, 1979, с. 9, 84). Бытие частиц оказалось скоротечным, а пустое пространство заполнено беспорядочным движением, в котором «как в непрестанный неистовый танец» вовлечены изолированные частицы (Форд, 1965, с. 273—274). «Пустое пространство, — говорит Джон Уилер, — вовсе не является пустым — оно представляет собой вместилище самых бурных физических процессов. Электромагнитное поле флуктуирует. Там непрерывно рождаются и аннигилируют виртуальные пары электронов и позитронов, пары мю-мезонов, пары бар ионов и пары других частиц. Все эти флуктуации существуют наряду с квантовыми флуктуациями геометрии и топологии пространства» (Мизнер, Торн, Уилер, 1977, т. 3, с. 469).

Чем меньше масштабы пространства и времени мы рассматриваем, тем ярче предстает картина калейдоскопически сменяющихся процессов. Словно тени, пишет Пол Девис, появляются и исчезают эфемерные образования — виртуальные миры. Даже в полном вакууме на короткие мгновения возникают и исчезают частицы всех типов — частицы-фантомы; вакуум заполнен тысячами разных типов частиц, возникающих, взаимодействующих и исчезающих с неослабевающей активностью за фантастически малые промежутки времени. Такова, говорит Девис, отнюдь не умозрительная картина пространства — времени, рисуемая современной физикой (Девис, 1980, с. 177—178).

Картина становится еще более «сумасшедшей», если в эти флуктуации вовлекается само пространство — время. Эйнштейновская геометродинамика заставила по-новому взглянуть на роль пространства и времени. Из подмостков, на которых разыгрываются мировые процессы, из «сетки», охватывающей Вселенную, но остающейся при этом нейтральной к взаимодействиям полей и частиц,

пространство — время превратилось в активного участника мировых событий. Как пишет, выражаясь со свойственной ему образностью, Джон Уилер, автор концепции предгеометрии, «геометродинамика свергла пространство — время с пьедестала предопределенного совершенства, вознесшегося высоко над полями сражения вещества и энергии, и сделала его новым динамическим понятием, активно участвующим в этих сражениях» (Мизнер, Торн, Уилер, 1977, т. 3, с 466—468). Флуктуирует не только вакуум, но и сама геометрия и топология пространства. При планковом масштабе длин порядка  $10^{-33}$  см всюду и непрерывно происходит коллапс в виде квантовых флуктуаций геометрии пространства. Они столь велики, что флуктуирует даже топология, образуя «горловины» и захватывая силовые линии. В минимикроскопических масштабах с безудержной активностью появляются и исчезают виртуальные миры с фантастически искривленными и перекошенными геометриями. Сильнейшие флуктуации разрывают пространство — время. Возникают виртуальные миры с «кротовыми норами» и «мостиками» в пространстве; непрерывно коллапсируя, они придают структуре пространства пенообразный характер. Такая сверхбурная деятельность пенящихся виртуальных миров создает картину, которую Пол Девис характеризует как «непостижимую уму». Вот как резюмирует ситуацию Джон Уилер в книге «Предвидение Эйнштейна»: в тех областях, говорит он, где становятся существенными квантовые эффекты, понятия «пространство — время» и «время» теряют всякий смысл и становятся более не применимыми; более не справедливы все те способы исследования природы, когда всякое событие в прошлом, настоящем или будущем располагается в единственной последовательности в определенном месте каталога, называемым «пространство — время», ибо последнего вообще нет — «нет времени, нет до и нет после». И не удивительно, что вопрос — что произойдет в следующий момент времени — теряет в этом случае свой смысл (Уилер, 1970, с. 39).

---

Таким образом, хотя прав У.Р. Эшби, когда говорит, что мир вокруг нас чрезвычайно богат ограничениями, однако в своих глубинах мир очень близко подходит к тому, что можно было бы назвать хаосом.

Впрочем, хаотичность мира обнаруживается не только тогда, когда мы опускаемся в глубь пространства. Не менее (если не еще более) разительно она проступает в далеких глубинах времени — в тот «момент» в прошлом, отдаленном от нас примерно на  $10^{10}$  лет, когда все вещество Вселенной находилось в крайне хаотическом состоянии и где «наши обычные представления попросту отказывают и «теряются» в кипящей пене черных мини-дыр, которые хаотически возникали, испарялись и образовывались вновь» (Уилкинсон, 1984, с. 28).

**6.13.** Для того, чтобы яснее представить, как выглядела Вселенная в начальной стадии эволюции, некоторые космологи предлагают воспользоваться картиной гравитационного коллапса звезды. Уилер, который особенно энергично подчеркивает существенное сходство этих явлений, расценивает процесс образования и свойства черной дыры, возникшей в ходе гравитационного коллапса звезды, даже как лабораторную модель Вселенной (Мизнер, Торн, Уилер, 1977, т. 3, с. 488).

Современная космология настойчиво возвращается к идее существования сингулярности пространства — времени, и это несмотря на всю ее кажущуюся абсурдность. Роджер Пенроуз пишет, например, что одной из главных целей его книги «Структура пространства — времени» является изложение «некоторых строгих результатов, убедительно указывающих... на существование сингулярностей пространства — времени, следующих из законов общей теории относительности» (Пенроуз, 1972, с. 15). Пенроузу и Стивену Хокингу удалось показать, что если не пойти на то, чтобы допустить крайне неправдоподобные изменения энергии и давления коллапсирующего вещества, то необходимо признать, что некоторый тип сингулярности в природе существует. Хокинг и Джон Эллис (1977, с. 12) полагают

---

даже, что сингулярность, которая существовала в начале нынешней эпохи расширения Вселенной, можно в принципе сейчас наблюдать.

Существуют различные способы определения сингулярности. Однако во всех них подчеркиваются два обстоятельства: во-первых, это то, что сингулярность — это место, где кривизна пространства — времени обращается в бесконечность; во-вторых, сингулярность — это такая область, где заканчивается действие всех известных физических законов (Хокинг, Эллис, 1977, с. 11; Силк, 1982, с. 375; Девис, 1980, с. 157 и т.д.). Второе из этих обстоятельств представляет для нас основной интерес.

**6.14.** Чрезвычайно живое изложение основных особенностей сингулярности применительно к Вселенной в целом содержится в главе «За границей времени» уже цитированной нами книги Ч. Мизнера, К. Торна и Дж. Уилера «Гравитация». Вселенная, говорит Джон Уилер<sup>1</sup>, время от времени сжимается до такой степени, что проходит сквозь игольное ушко. В подобном не поддающимся воображению состоянии мир как бы освобождается от всех своих ограничений. Далее Джон Уилер рисует впечатляющую картину «раскрепощения» мира.

При коллапсе звезды или группы звезд, ведущего к образованию черной дыры, исчезают все индивидуальные особенности системы, за исключением ее массы, заряда и момента импульса. Независимо от того, состоит ли система из вещества, антивещества или излучения, в конце коллапса она приходит (с точки зрения внешнего наблюдателя) в одно и то же состояние. Уже никаким способом невозможно отличить друг от друга черные дыры самого различного происхождения, если у них одинаковые масса, заряд и момент импульса.

Однако для замкнутой Вселенной даже эти константы исчезают со сцены.

<sup>1</sup> Судя по другим работам Уилера, указанная глава принадлежит ему.

---

Полный заряд равен нулю, а полная масса и полный момент импульса в случае замкнутой Вселенной вообще теряют какой-либо определенный смысл. Но самое главное для нас здесь то, что все законы сохранения при коллапсе Вселенной нарушаются. «Из всех основных физических принципов наиболее твердо установленными считаются законы сохранения заряда, лептонного и барионного чисел, массы и момента импульса. Однако при гравитационном коллапсе, — говорит Уилер, — эти законы сохранения тоже нарушаются. *Общепризнанное отменяется*» (Мизнер, Торн, Уилер, 1977, т. 3, с. 484—485).

**6.15.** Таким образом, хотя известный нам мир подчиняется сильным ограничениям и, как правило, упорядочен, тем не менее ему не чужда беспорядочность — представление о хаосе как об отсутствии ограничений на разнообразие событий не должно казаться надуманным. Современная наука, по словам Джозефа Силка, полагает «куда более вероятным, что из бесконечного множества возможных моделей ранней Вселенной реальности соответствует та, согласно которой начало было в высшей степени неоднородным и хаотическим» (Силк, 1982, с. 119). Вселенная началась, пишет Пол Девис, с локального равновесия, когда повсюду происходили микроскопические беспорядочные движения. Началом Вселенной было состояние полного беспорядка (Девис, 1980, с. 272). Поэтому нет ничего удивительного в том, что в основе новой картины строения мира лежит представление о почти неограниченном хаосе, обуздываемом рядом запрещающих законов.

Последнее замечание подводит нас к вопросу, касающегося характера действующих в мире законов. Это вопрос, непосредственно связанный со второй из принятых нами посылок (§ 6.4), и ему мы должны также уделить внимание.

## Запреты

**6.16.** С развитием физики элементарных частиц стал формироваться новый взгляд на мир, обладающий двумя характерными чертами: во-первых, как мы могли убедиться, стало признаваться, что в глубоких недрах природы царит хаос, поверх которого как его ограничение устанавливается порядок; во-вторых, согласно новому взгляду, именно законы сохранения являются теми запретами, которые ограничивают хаотическое разнообразие событий. Последнее обстоятельство с большим темпераментом развивается Кеннетом Фордом; он пишет: «Из современных исследований элементарных частиц вытекает, что единственным ограничением хаоса событий в мире сверхмалого являются запреты, налагаемые законами сохранения» (Форд, 1965, с. 112).

Фундаментальная роль, которая стала отводиться в новой картине мира законам сохранения, постепенно сделала их главенствующими среди других законов природы. В подобном переносе акцента на законы сохранения решающее значение имеет, по-видимому, то обстоятельство, что они по своей сути являются запрещающими законами. Как пишут М. Гелл-Манн и П. Розенбаум, когда в природе исключается какое-либо явление, то запрет, налагаемый на него, принимает форму закона сохранения, который утверждает: «То-то и то-то не может случиться, потому что нечто должно сохраниться» (Гелл-Манн, Розенбаум, 1963, с. 21). Подобный запрещающий характер законов сохранения поставил их в центр внимания физиков, поскольку именно с понятием запрета связано кардинальное изменение в представлениях о законах мира.

**6.17.** Мы уже отмечали, что в соответствии с классической точкой зрения фундаментальные законы природы носят характер императивов. Эти законы определяют, какие именно события должны происходить в мире в тех или иных случаях — в этом заключалась главная и необходимая сущность всякого подлинного закона.

---

Современная физика радикально пересмотрела этот взгляд. Она выработала новую точку зрения, согласно которой фундаментальные законы природы не предписывают тем или иным событиям произойти при определенных условиях, но наоборот, *запрещают* им это. Иными словами, в сложившейся картине мира законы природы носят характер запретов; сущность их заключается в том, чтобы определить, какие именно события не должны происходить. Таким образом, предполагается, что в основе упорядоченности мира лежат запреты, ограничивающие хаотическое многообразие событий. Именно эту точку зрения высказывает Кеннет Форд, когда утверждает, что «все, что может происходить без нарушения законов сохранения, *действительно* происходит» (Форд, 1965, с. 112); Форд добавляет, что данное представление может быть охарактеризовано как допущение наличия «демократии» в природе — «свободы в рамках закона». Это же обстоятельство Г.Я. Мякишев выражает так: приходится считать, говорит он, что самыми главными являются те законы, которые утверждают, что именно *не может* произойти — в рамках же этих законов элементарные частицы могут *вести себя как угодно* (Мякишев 1978, с. 88; обсуждение этого вопроса в более широком контексте — см. в: Баженов, 1973).

Подобный способ мышления совершенно чужд установившейся научной традиции. С полной определенностью можно утверждать, что за сферу физики он (в явной форме) никогда не выходил,<sup>1</sup> да и в самой физике проявляется, собственно, только при описании явлений микромира. В самом деле,

<sup>1</sup> Но это не значит, однако, что сами понятия запрета и ограничения также чужды нефизическим наукам. В биологии, например, они выполняют в ряде случаев вполне сходные функции: см. Берг. 1977, с. 40—41; Тимофеев-Ресовский и др., 1969, с. 240—241; История и теория эволюционного учения, кн. 1, с. 45 и др., кн. 2, с. 91—94; Свенсон, Уэбстер, 1980, с. 225 и др.; Любищев, 1982, с. 78—79, 136—137 и др.; Кордюм, 1982, с. 193, 212 и др.; Заварзин, 1969: Организация и эволюция живого, с. 160—163; Оно, 1973, с. 51—59 и т.д.

вряд ли например, биолог был бы удовлетворен, если на вопрос о том, почему некоторая интересующая его биологическая система распадается, получил бы ответ, звучащий примерно так: «Интересующая Вас система распадается в силу того, что не существует закона, который запретил бы ей поступать подобным образом». Между тем для физиков (возможно, только для тех из них, кто работает в области физики элементарных частиц) подобный ответ может звучать вполне нормально. По крайней мере, в одной из работ по физике (посвященной слабым взаимодействиям) мы встречаемся именно с таким случаем. Автор ее С. Трейман рассматривает наиболее известное из слабых взаимодействий, а именно бета-распад. Как известно, в типичном явлении бета-радиоактивности нейтрон в ядре самопроизвольно распадается, образуя протон и электрон. При этом электрон покидает ядро, и атом превращается в другую разновидность с зарядом на единицу больше. По поводу этого процесса, Трейман задается следующим вполне естественным вопросом: почему, спрашивает он, бета-распад не происходит со всеми ядрами, если с некоторыми из них он может происходить? Ответ, который дает автор, с традиционной точки зрения звучит совершенно неожиданно — большинство ядер не может распасться по той причине, что закон сохранения энергии не позволяет им это;<sup>1</sup> а поскольку закон сохранения энергии не запрещает радиоактивным ядрам распадаться, то по *этой именно причине* радиоактивное ядро распадается.

Совершенно ясно, что в основе подобной логики рассуждения должна лежать уже известная нам идея о том, что непрерывные изменения — это основной способ существования элементарных частиц. Согласно этой идее во всех случаях следует искать причины не скоротечности бытия частиц, а наоборот,

<sup>1</sup> Масса нерадиоактивного ядра меньше, чем сумма масс электрона и дочернего ядра, тогда как у радиоактивного ядра ситуаций противоположная.

---

их стабильности. Частицу можно только «заставить» жить, поскольку она сама, без запрета, непременно превратится во что-либо другое. Именно поэтому Стивен Вайнберг может задать вопрос, подобный следующему: «Как может протон жить так долго, если нет закона сохранения, позволяющего ему жить вечно?» (Вайнберг, 1982, с. 162). Что это так, видно из утверждения, которое Вайнберг высказывает в той же работе несколько раньше: «Опыт, — говорит он, — накопленный физикой элементарных частиц, учит нас, что любой мыслимый процесс распада происходит самопроизвольно, если только он не запрещен каким-либо законом сохранения... Таким образом, рассматривая вопрос стабильности любой частицы, мы должны выяснить, будет ли ее распад нарушать какой-то из законов сохранения» (там же, с. 162).

Подобная идея служит основой для осмысления многих явлений. В качестве примера покажем логику объяснения чрезмерно быстрого — даже для микромира — распада таких элементарных образований, как резонансы, время жизни которых составляет всего  $10^{-22}$ — $10^{-23}$  сек. Объяснение довольно простое и заключается оно в том, что ни один из существующих законов сохранения не запрещает резонансам столь быстро распадаться. Это обстоятельство Кеннет Форд выражает следующим характерным образом: ни один из законов сохранения, говорит он, не препятствует резонансам «в осуществлении их *естественного* желания распадаться как возможно быстрее. *Поэтому* эти частицы исчезают на протяжении короткого промежутка времени» (Форд, 1965, с. 235).

**6.18.** Итак, картина вечно активного мира, в котором действуют ограничивающие разнообразие событий законы сохранения, естественным образом привела к представлению о том, что всякое мыслимое физическое явление, не запрещенное никаким законом, непременно должно происходить. В соответствии с этим представлением в современной физике выработалась определенная

---

стратегия научного поиска. Суть ее состоит в том, что всякий раз, когда какое-либо физическое событие, которое не может нарушить ни один из известных законов сохранения, не наблюдается, физики приступают к поискам нового закона сохранения, существование которого объяснило бы, почему возможное событие не происходит. Примечательно, что физики при этом бывают твердо убеждены, что такой закон сохранения действительно существует. Примеров, показывающих это, более чем достаточно. Вот, например, характерное рассуждение, которое можно встретить в работе Дж. Фейнберга и М. Гольдхабера «Законы сохранения в физике». Рассмотрев в общих чертах законы сохранения энергии и электрического заряда, авторы приходят к выводу, что только ими законы сохранения не могут исчерпаться. Обосновывают свой вывод они тем, что ни закон сохранения энергии, ни закон сохранения электрического заряда не могут предотвратить распад, например, протона на позитрон и гамма-квант. Между тем хорошо известно, что протон в ядре не распадается (иначе все вещество нашей Вселенной уже превратилось бы в излучение).<sup>1</sup> Следовательно, говорят Фейнберг и Гольдхабер, *должен* существовать еще какой-то закон сохранения, который запрещал бы протону распадаться. Так был введен (Штюкельбергом и Вигнером) закон сохранения барионного заряда<sup>2</sup>.

Приведенный способ рассуждения вполне обычен для современной физики. Следуя именно такой логике, в физику был введен закон сохранения очарования

<sup>1</sup> Впрочем, согласно одной из новейших теорий, время жизни протона хотя и очень велико — около  $10^{32}$  лет — тем не менее, все же конечно. Это обстоятельство, однако, на судьбе вещества нашей Вселенной заметно сказаться не может, поскольку возраст Вселенной составляет всего около  $10^{10}$  лет: см. об этом: Салам, 1984, с. 193—194; Намбу, 1984, с. 203—204; Перкинс, 1984, с. 168—180.

<sup>2</sup> Естественно, что в теории, в которой протон не абсолютно стабилен, не предполагается, что закон барионного заряда выполняется строго; см. Льюэллин-Смит, 1984, с. 113.

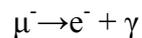
---

(чарма), когда было обнаружено, что некоторые тяжелые мезоны не распадаются так быстро, как могли бы (при наличии уже известных законов сохранения); аналогично был введен в физику закон сохранения странности, когда возникла необходимость объяснить, почему определенные частицы (например, ламда-частицы) существуют слишком долго ( $10^{-10}$  сек.), тогда как они *могли бы* распасться (через  $10^{-22}$  сек.). Или, например, следующая характерная ситуация: после ряда экспериментов по обнаружению монополей (в 1962 г.), которые окончились неудачей (монополи не были обнаружены), физики пришли к следующему примечательному выводу — либо существует еще неизвестный закон сохранения, который запрещает монополям существовать, либо же монополи *все-таки* существуют (что вполне естественно, если на них нет запрета). Подобная логика столь прочно укоренилась в умах физиков, что постулирование запретов стало, по словам одного из физиков, стандартным способом объяснения того, почему ненаблюдаемое явление не наблюдается (если оно допустимо) (Лидерман, 1965, с. 67).

Надо сказать, что подобный взгляд на происходящие в природе события выглядит довольно странным с точки зрения традиционного способа мышления. В самом деле, в рамках классической науки поискам подлежали законы, определяющие процессы, протекающие с любой скоростью — как быстрые, так и медленные. Если ламда-частица живет  $10^{-10}$  сек., то это ничуть не более странно, чем если бы она жила всего  $10^{-22}$  сек: для обоих случаев должен существовать предписывающий данную продолжительность жизни закон. Точно также отсутствие того или иного явления не могло вызвать недоумения в классической науке, если только не было установлено, что согласно одному из существующих законов природы данное явление *должно* наблюдаться.

---

Между тем, как видим, для современной физики оказывается вполне достаточным, чтобы какое-то мыслимое явление было не запрещено, чтобы вопреки всем установившимся традициям начались поиски этого явления. Когда выяснилось, например, что распад мю-мезона на электрон и фотон



не наблюдается, то этот факт был объявлен  $\mu$ - $e$ - $\gamma$ -парадоксом. Вся парадоксальность факта заключалась лишь в том, что ни один из известных (до 1962 года) законов сохранения не запрещал мю-мезону распасться на электрон и фотон. Совершенно очевидно, что согласно классическим представлениям парадоксальным в этой ситуации следовало бы признать скорее не отсутствие  $\mu$ - $e$ - $\gamma$  распада, а то, что оно было воспринято как парадокс.

**6.19.** Итак, в новой физической картине мира фундаментальное значение приобретают запрещающие законы, трактуемые как единственные ограничения, налагаемые на физические процессы. Законы природы оказались в роли фильтра, который из обширного класса событий выделяет лишь возможные для осуществления (Шварц, Гольдфарб, 1977, с. 89). Они перестали говорить о том, что *должно* происходить — их единственной функцией стало налагать запреты на одни события и разрешать (тем самым) другие события. Такое понимание сущности законов не без остроумия выражено одним из физиков формулой: «Нет бога, кроме запрета». Эту современно-физическую правоверную формулу автор ее разъясняет следующим образом: «Основной принцип, регулирующий нравы микромира, таков: все, что не запрещено, разрешено. Это, — осмотрительно подчеркивает автор, — не трюизм, не пустая игра слов» (Копылов, 1981, с. 41—42).

---

## Глава 7

### ПРИНЦИП ОГРАНИЧЕНИЯ (продолжение)

**7.1.** Вернемся к нашим исходным посылкам, которые были сформулированы в § 6.2, следующим (предварительным) образом.

а. Мир, который мы рассматриваем, спонтанно событийен, и для такого мира любые изменения более «естественны», чем отсутствие их; эту же мысль можно выразить так: если в мире, который мы рассматриваем, перестали бы действовать какие-либо законы, то события в нем не прекратились бы — наоборот, их стало бы больше.

б. Законы мира представляют собой запреты, ограничивающие разнообразие мыслимых событий.

Теперь, когда мы имели возможность убедиться, что принятая нами картина мира согласуется с идеями, развиваемыми в современной науке, посылки эти не должны, по видимому, расцениваться как искусственные допущения, преследующие сугубо логические цели. Правда, мы видели, что в физике запрещающими законами выступали выше законы сохранения, однако для наших рассуждений данное обстоятельство не очень существенно — конкретизация запрещающих законов дело конкретных наук. Для нас важна сама идея. (Нам вообще не хотелось бы ограничивать себя заранее рамками одной какой-либо науки, в том числе и физики. Поэтому запреты мы будем понимать максимально широко — как всякое ограничение, в силу которого некоторые из мыслимых событий не могут произойти. В таком случае запретами будут являться не только законы сохранения или, например,

«принцип Паули», но и многое из того, что не принято так именовать — например, «правило Чаргаффа» в биологии, согласно которому в молекуле ДНК общее количество пуринов и пиримидинов всегда равны и т.п.).

**7.2.** Выше (§ 6.2.) мы отметили, что из сформулированных посылок кроме всего следует, что в мире, для которого эти послылки справедливы, те или иные события происходят не потому, что существует закон, обязывающий их к этому; они происходят потому, что *не* существует закона, обязывающего их *не* происходить. Мы могли бы это сказать и так: в спонтанно-событийном мире происходит все, что не запрещено существующими в этом мире законами, и все, что не запрещено, может происходить.

Нами было подчеркнута, что этот вывод составляет существо принципа ограничения. В самом деле, только что сказанное означает не что иное, как то, что для того, чтобы в событийном мире произошло какое-либо мыслимое событие, *не нужны никакие основания*: или — что, собственно, одно и то же — в событийном мире все разрешенные события имеют *равные основания*. Вряд ли это утверждение с первого же взгляда покажется очевидным. Поэтому остановимся на нем подробнее.

### **Основания событий**

**7.3.** Чтобы сделать возможно более ясным то, что мы намереваемся сказать, обратимся вновь к примеру с исследовательскими группами из § 6.9. Как мы помним, руководство первой из групп (группой «А») осуществлялось в согласии с классическим представлением о регулятивных функциях законов (как императивных предписаний), в то время как руководство второй из групп (группой «В») воплощало представление о законах природы как запретах, ограничивающих разнообразие событий.

---

Предположим теперь, что мы придерживаемся традиционного способа мышления и в согласии с принципом достаточного основания хотим выяснить основания событий, которые происходят в этих группах. Естественно, что вопросы, задаваемые членам каждой из групп, должны касаться только тех событий, которые не выходят за рамки множества событий, связанных с решением поставленной перед группой задачи, поскольку именно оно в данном случае образует наш мир, который мог бы быть назван Миром Двадцати Логиков, Решающих Задачу. Очевидно также, что задавая вопросы, мы должны допускать существование только тех законов, которые действуют в *этом Мире*, то есть те правила работы, которые были установлены руководителями группы «А» и группы «В».

Необходимо ясно осознать — и мы хотим это особо подчеркнуть — что любой вопрос, не удовлетворяющий этим двум условиям, будет лишен в нашем случае всякого смысла. Так, например, вопросы типа: «Почему Вы стали логиком?» или «Почему Вы избрали именно этот способ решения задачи?» — не могут получить никакого ответа, поскольку первый из них касается вещей, существующих вне Мира Двадцати Логиков, а второй из них подразумевает нечто такое, что не оговорено ни одной из действующих в группах «А» и «Б» инструкций. Собственно говоря, все вопросы, которые могут быть *осмысленно* заданы в этом Мире, должны иметь целью одно из двух: либо выяснить, почему в данный момент задача решается этим, а не другим числом исследователей, либо же — почему в данный момент тот или иной исследователь решает (или не решает) задачу. Вопросы иного содержания не могут, по-видимому, получить ответа, не выходящего за пределы того Мира, которым мы, по условию, ограничены.

**7.4.** Обратимся сперва с вопросами к логикам из первой группы («А») На наш вопрос о том, почему сейчас за столом работает данное количество людей, а

именно пять человек, любой из членов группы сможет дать вполне определенный ответ. Для этого он предъявит инструкцию, которая точно укажет, какое именно количество людей должно работать в интересующее нас время. Таким образом, пытаясь выяснить основания наблюдаемых нами явлений, мы получим в данном случае вполне удовлетворительный ответ. Последний показывает нам, что тот факт, что за столом мы обнаружили именно пять человек, а не больше или меньше, имеет под собой очевидное *достаточное основание*.

Следующий вопрос может быть задан любому из членов группы «А». Если тот, к кому мы обращаемся с вопросом, в это время работает, то мы можем спросить его: «Почему именно *Вы* в данный момент решаете задачу, а не кто-либо другой?»; если же это не так, то мы спрашиваем: «Почему *Вы* в данный момент не решаете задачу?». Ответы на эти и подобные им вопросы аналогичны ответу на первый вопрос — тот, к кому мы обратились, сошлется на инструкцию, по которой однозначно определяется, *кто* именно и *когда* должен работать; в соответствии с этим мы получим ответы вроде следующего: «В инструкции указано, что сейчас *мне* необходимо работать» или «В инструкции указано, что сейчас должны работать другие» (при этом могут быть перечислены имена тех, кто *должен* работать). Логика всех этих ответов ясна: в каждый момент времени любой из участников поступает именно так, как того требует инструкция — последняя является достаточным основанием, чтобы поступить строго определенным образом.

Допустим теперь, что группа работает над задачей не один, а скажем, десять дней. В этом случае обнаруживается чрезвычайно важное обстоятельство, которое мы должны со всей тщательностью подчеркнуть. Заключается оно в том, что если инструкция (составленная на один день) для всех дней одна и та же, иными словами, она остается неизменной на протяжении любого количества дней и если члены группы инструкцию не нарушают, то *каждый день в одно и то же время работать*

---

*над решением задачи будут одни и те же люди.* И — обратим на это внимание — если в какой-то из дней мы обнаружим за работой не тех же самых участников, что в прошлые дни *в это же самое время*, то отсюда может следовать только то, что: а) либо время наблюдения иное, в) либо нам только кажется, что мы наблюдаем иной набор участников, с) либо же мы не полностью знакомы с инструкцией. Несложно видеть, что из этих трех случаев первые два относятся к тому, что может быть названо ошибкой измерения, а третий связан с присутствием в явлении скрытого параметра.

Следует ясно осознать, что кроме этих (и аналогичных им) случаев *никаких больше вариантов существовать не может*, по крайней мере осмысленных; к какому бы выводу мы не пришли на основе своих наблюдений все они будут относиться к одному из двух типов: к ошибкам измерения или к наличию скрытых параметров. Если в мире действуют законы, предписывающие, каким событиям необходимо произойти при тех или иных условиях, то в нем *всегда одинаковые условия влекут одинаковые результаты*. Если этого не происходит, то только по той причине, что либо мы не точны в наблюдениях, либо нам неизвестны некоторые (скрытые) параметры.

**7.5.** Все до сих пор сказанное относилось к деятельности исследовательской группы «А». Обратимся теперь к членам второй группы и поставим перед ними *те же* вопросы, что были заданы в первой группе.

На вопрос о том, почему в данный момент решает задачу это, а не другое количество людей, мы, по-видимому, получим ответ, аналогичный тому, что было сказано в группе «А» — нам скажут, что инструкция предписывает всегда работать впятером. Тот же ответ мог быть дан и в такой форме: инструкция запрещает, чтобы одновременно работало более или менее пяти человек. Обе эти формулировки, по существу, ничем не отличаются — каждая из них говорит о необходимости сохранения некоторой величины. Именно поэтому ответы на этот

вопрос будут одинаковыми в обеих группах: *инварианты всегда однозначно определены.*

Но уже на следующий вопрос ответы будут совершенно иными. Посмотрим, например, как мог бы один из членов группы «В» ответить на заданный ему вопрос о том, почему именно он решает сейчас задачу. Мы помним, что в первой группе ответ на этот вопрос состоял в том, что тот, к кому был обращен вопрос, показывал нам инструкцию, где было указано, что именно *он* должен в данный момент работать над задачей. Очевидно, что в группе «В», в которой подобной инструкции не существует, такой ответ был бы невозможен. В мире, в котором действует инструкция, аналогичная той, которая была получена участниками второй группы, ответ на наш вопрос может звучать примерно так: «Если бы я не решал сейчас задачу, то в данное время работающих оказалось бы не пять, а меньше, а это запрещено».

Допустим, однако, что нас такой ответ не удовлетворяет и мы решаем уточнить вопрос. Мы спрашиваем: «Но почему именно *Вы* сейчас работаете, а не кто-либо другой? Ведь, чтобы не нарушить запрет, не обязательно, чтобы *Вы* решали задачу — кроме Вас есть еще другие участники».

«Совершенно верно, — может ответить нам логик, — мое участие в данный момент не обязательно. Но в то же время ничто не запрещает мне сейчас работать; поскольку это так, то я работаю».

Если мы очень дотошны и, проникшись духом поисков достаточных оснований, непременно хотим выявить основания всего происходящего, то продолжим свои вопросы и спросим нечто вроде следующего: «Если ничто не запрещает Вам работать, и в то же время ничто не обязывает Вас работать, то почему *Вы* именно *работаете*? Ведь те же условия действительны и для любого другого участника группы. В таком случае почему все же работаете *Вы*, а не вот тот, например, Ваш коллега? Что-то же, наверное, обусловило *Ваше* участие в работе в данный момент, а не его?». На это нам

---

могут ответить так: «То, что я сейчас работаю, обусловлено необходимостью сохранить неизменным число логиков, решающих задачу. Если бы вместо меня работал тот самый логик, о котором Вы говорите, то запрет, разумеется, не был бы нарушен. Таким образом, Вы сами признали, что *совершенно все равно*, кто именно в данный момент работает — он или я: в обоих случаях запрет не нарушается. А этого вполне достаточно, чтобы один из нас сейчас работал — вот я и работаю».

«Ну а все таки, почему именно Вы?».

«А почему бы не я?» — последует ответ.

Следует признать, что ответы, полученные на наши вопросы, для традиционного мышления совершенно не привычны. Однако не так уж трудно понять, что в Мире Группы «В» на эти и аналогичные им вопросы ответить можно только подобным образом.

Ситуация напоминает известную детскую игру в вопросы и ответы. Правила игры таковы: а) один из играющих задает вопросы, другой на них отвечает; б) вопросы могут быть заданы любые; в) ответы не должны содержать слова «да», «нет», «черный», «белый» — при этом условии ответы могут быть любые.

Обычно игра начинается с вопроса — «Вы поедете на бал?». Допустим, что этот вопрос уже задан, и второй из играющих ответил: «Непременно поеду». Очевидно, что этот ответ не является необходимым — с равным успехом можно было бы ответить: «Подумаю», «Еще не знаю» и т. п. Существуют, разумеется, некоторые психологические основания того, какого именно рода ответы чаще всего будут даны — на ответы влияют, несомненно, и словарный запас отвечающего, и быстрота его реакции, и то, насколько он серьезно относится к игре и пр. и пр. Все это существенно определяет ответы, которые даются во время игры. Однако — и мы хотели бы, чтобы это было ясно осознано читателем — *ни одно из этих оснований к данной игре не имеет никакого отношения.*

---

В Мире, в Котором Играют в Игру, не существует никаких оснований, кроме правил игры. Все, что выходит за пределы этих правил, выходит тем самым за пределы этого Мира. В последнем не существуют ни возраста играющих, ни запаса слов, ни каких-либо пристрастий, ни психологических шаблонов — в нем существует только предписание — *отвечать* на все вопросы и *не пользоваться* словами «да», «нет», «черный», «белый». Иных законов здесь нет.

Из сказанного нетрудно понять, какого рода объяснения мы *можем* получить, если попытаемся выяснить основания для тех ответов, которые дают участники игры. На вопрос о том, почему было сказано: «Неприменно поеду», а не как-нибудь иначе, мы услышали бы следующее: «Правила игры требуют, чтобы я ответил на вопрос. Я это и сделал, не употребив при этом запрещенных слов».

«Да, — скажем мы, — но почему именно таким образом, а не каким-либо другим? Ведь ответ: «Подумаю» — также не содержал бы запрещенных слов».

«А какая разница, — ответят нам, — если я играю по правилам. Почему я не должен был сказать: «Неприменно поеду»?».

Этот, отнесенный уже к нам вопрос, тотчас заставляет понять, что в данном случае мы сами не знаем, каков должен быть удовлетворяющий нас ответ.

**7.6.** Логика всех аналогичных ситуаций совершенно ясна — если не существует никаких предписаний относительно того, какое из мыслимых событий  $A_1, A_2, \dots, A_k$  может вызвать событие  $B$ , и все  $k$  событий могут его вызвать, то лишен всякого смысла вопрос о том, почему именно  $A_1$  вызвало событие  $B$ , а не, например,  $A_2$ . Существующие в рассматриваемых нами Мирах законы не позволяют выявить, почему происходит данное, а не другое событие: таких оснований и не может быть, если речь идет о

<sup>1</sup> Отметим, что формулируемый здесь принцип ограничения не имеет отношения к принципу индифференции в теории вероятностей, который исходит из *незнания*, а не отсутствия достаточного основания, см. об этом: Карнап, 1971, с. 65.

---

событиях, которые *равновозможны*. Любое из незапрещенных действий логиков, также как любые из беспрюигрышных ответов участников игры имеют *абсолютно равные основания* относительно тех законов, которые существуют в их Мирах. Внутри множества разрешенных событий ни одно событие не имеет основания произойти с большим предпочтением, чем любое другое событие.

Подобный вывод находится в полном противоречии с принципом достаточного основания. В рамках классического мышления поведение, которое оказалось столь естественным и осмысленным для членов исследовательской группы, становится настолько неприемлемым для здравого смысла, что оно осуждалось бы, по словам Лейбница, как крайне непохвальное даже в том случае, если бы его позволило себе не человеческое существо, но сам Бог. Вот как об этом пишет Лейбниц: «Думать, — говорит он, — что Бог в чем-нибудь действует, не имея никакого основания для своей воли, не говоря уже о том, что последнее вряд ли возможно, — значит держаться мнения, мало согласного со славой Божьей. Предположим, например, — продолжает Лейбниц, — что Бог выбирает между А и В; если он выберет А, не имея никакого основания предпочесть его В, то, по-моему, такое действие Бога по меньшей мере не заслуживает никакой похвалы...» (Лейбниц, т. 1, с. 127).

**7.7.** Теперь мы подходим к самому важному моменту в наших рассуждениях.

Вернемся к примеру с исследовательской группой «В». Как и в случае с первой группой, предположим, что решение задачи заняло у членов группы «В» также десять дней. Выше, рассматривая деятельность членов исследовательской группы «А», мы видели, что в течение всех десяти дней в одно и то же время решали задачу одни и те же люди — если последние придерживались инструкции, то иной ситуации *не могло* и быть. В том же случае, когда это оказалось бы не так, мы должны

были бы принять, как было сказано, либо то, что мы ошибаемся в своих наблюдениях, либо же то, что инструкция нам не известна в деталях.

Рассмотрим теперь под тем же углом зрения поведение членов второй группы. Предположим, что в течение всех десяти дней каждый раз мы обнаруживаем в одно и то же время различный набор работающих логиков. Что в таком случае из этого следует? Ровным счетом ничего. Отсюда не следует ни то, что мы ошиблись, измеряя время наблюдения, ни то, что мы неверно идентифицировали членов группы, ни также то, что мы не полностью знакомы с инструкцией.

Должно быть совершенно ясно, что для того, чтобы осмыслить создавшуюся ситуацию, нет необходимости предполагать наличие ошибок наблюдения или существование скрытых параметров. То обстоятельство, что при одинаковых условиях (в нашем случае — в одно и то же время) мы обнаружили за работой разных участников, говорит только о том, что для соблюдения правил работы безразлично, кто именно решает задачу. Предполагать ошибки в наблюдениях или скрытые параметры в данном случае совершенно излишне.

**7.8.** В мире, в котором события регулируются ограничительными законами, каждый запрет делит совокупность всех мыслимых событий на два непересекающихся класса — разрешенных и запрещенных событий. По каким бы признакам ни различались между собой события одного и того же класса, по одному признаку они *абсолютно* неразличимы — по признаку разрешенности (так, как, например, все четные числа идентичны друг другу по признаку кратности двум). В то же время в спонтанно-событийном мире, который мы рассматриваем, разрешенность — это единственный признак, который является необходимым и достаточным основанием для того, чтобы некоторое мыслимое событие произошло. Следовательно в мире, в котором законы, ограничивающие разнообразие событий, носят не предписывающий, а запрещающий характер, все разрешенные события имеют

---

*равные основания* произойти: с точки зрения предпочтительности они совершенно неразличимы.

Если отвлечься от несущественных для нашего вывода обстоятельств — например, наличия или отсутствия конкретных возможностей для реализации событий — то (в общем виде) мы можем сказать, что *во всяком мире все разрешенные события абсолютно равновозможны*. В рамках допустимого запретами разнообразия любые события (относительно запретов) совершенно случайны, а любая последовательность их *принципиально стохастична*. Здесь мы впервые подходим к явлению фундаментальной неоднозначности и, тем самым, возвращаемся, наконец, к вопросу, с которого начали книгу. (Теперь решение его не представляет, по-видимому, особой трудности).

**7.9.** Естественно, что одно и то же множество мыслимых событий может делиться относительно различных запретов на различные подмножества. В таком случае два каких-либо события могут различаться между собой, если они разрешены *разными* запретами. Однако относительно *одного и того же* запрета все разрешенные события абсолютно неразличимы. Если это так, то различные сами по себе события  $c_1, c_2, \dots, c_k$  перестают быть различными внутри своего класса разрешенных событий. Можно сказать (не рискуя быть слишком метафоричным), что относительно каждого запрета  $T$  в мире существует только *одно* разрешенное и только *одно* запрещенное событие. И в данном случае не имеет никакого значения то обстоятельство, что единичное (относительно определенного запрета  $T_i$ ) событие  $c$  по другим критериям представляет собой целый класс различающихся между собой событий.

Данное обстоятельство является важным для нашего анализа. Если единое относительно запрета  $T_i$  событие  $c$  распадается (по другим признакам) на класс различных событий  $c_1, c_2, \dots, c_k$ , то мы можем утверждать, что все те признаки, по которым отличаются друг от друга события  $c_1, c_2, \dots, c_k$ ,

---

относительно запрета  $T_i$  являются *абсолютно случайными*.

**7.10.** То обстоятельство, что до сих пор мы употребляли слово «запрет» чаще всего в единственном числе, не означает, разумеется, что для наших рассуждений наличие в мире множества запретов вообще не имеет существенного значения. Мы поступали подобным образом только потому, что *до сих пор* для наших рассуждений это обстоятельство не имело значения. Теперь мы, однако, хотим специально остановиться на факте множественности запретов, так как принимая его во внимание, мы приходим к достаточно интересному выводу.

Как мы уже говорили, существующие в мире запреты разбивают совокупность мыслимых в нем событий на различные подмножества. При этом может случиться так, что ряд событий, разрешенных в мире  $W$  запретом  $T_1$ , окажется запрещенным запретом  $T_2$ ; может даже оказаться так, что все разрешенные запретом  $T_1$  события  $c_1, c_2, \dots, c_k$  будут запрещены запретом  $T_2$ . Вполне ясно, что в мире  $W$ , о котором идет речь, события  $c_1, c_2, \dots, c_k$  не будут возможными.

Таким образом, некоторое событие  $c$  может быть определено как возможное только при том условии, если оно возможно относительно *всех* запретов, действующих в этом мире. Иными словами, если каждый из запретов делит универсум мыслимых событий на два непересекающихся подмножества и в мире  $W$  действует  $n$  запретов, то возможными из всех мыслимых в мире  $W$  событий будут только такие события, которые входят в пересечение  $n$  подмножеств возможных (относительно каждого из запретов в отдельности) событий.

Нетрудно понять, что в ряде случаев может оказаться так, что на пересечении всех подмножеств возможных событий будет находиться только одно событие  $c$ . Это будет означать, что в данном случае разнообразие событий сведено запретами к минимуму. Если такое произойдет, то в мире, где это произошло, *при одних*

---

*и тех же условиях всегда будет иметь место одно и то же событие.*

**7.11.** Как видим, совместное действие множества ограничений может свести к минимуму разнообразие разрешенных событий и сделать последовательность событий вполне однозначной.

Чтобы сделать сказанное более наглядным, приведем несколько примеров. «Существует, — пишет Кеннет Форд, — множество различных законов сохранения, я все они вместе могут наложить очень сильные ограничения, гораздо более сильные, нежели содержатся в каждом из них». Из законов сохранения вытекает, например, что фотон не должен обладать массой и что заряд его должен быть равен нулю, а спин — единице. Законы сохранения, кроме того, определяют, каким именно образом фотон должен поглощаться заряженными частицами. «Не может не вызвать чувства удовлетворения и восхищения, — замечает по этому поводу Форд, — что несколько простых утверждений о постоянстве ряда величин в природе могут приобрести при их совместном рассмотрении столь большое значение, что ими будут *однозначно* определяться свойства света и взаимодействие света с веществом» (Форд, 1965, с. 115).

В ряде случаев даже не возникает необходимости в совместном действии *всех* действующих запретов, чтобы результат процесса оказался однозначно предсказуемым. Так, например, К. Шварц и Т. Гольдфарб в книге «Поиски закономерностей в физическом мире» приводят пример того, как необходимость сохранения всего двух величин — импульса и кинетической энергии «как это ни удивительно... настолько ограничивают возможные изменения, что их можно использовать для предсказания конечных скоростей в любых случаях одномерных упругих взаимодействий двух тел» (Шварц, Гольдфарб, 1977, с. 61). В работе «Теория сильных взаимодействий» Дж. Сакураи высказывает мнение, что «в будущей окончательной теории элементарных частиц все взаимодействия между элементарными частицами будут истолкованы как проявления пяти

---

фундаментальных связей векторного типа, соответствующих пяти законам сохранения «внутренних качеств» — барионного заряда, гиперзаряда, изоспина, электрического заряда и фермионного заряда» (Сакураи, 1964, с. 45).

Дж. Холтон в «Тематическом анализе науки» приводит выдержку из речи Стивена Вайнберга, произнесенного им при получении Мемориальной премии Роберта Оппенгеймера. Вот что говорил Вайнберг: «...Теория относительности и квантовая механика, взятые вместе, но без каких бы то ни было дополнительных допущений, оказываются ограничительными принципами исключительной силы. А одна лишь квантовая механика, не объединенная с относительностью, позволяла бы нам предполагать великое множество возможных физических систем. Откройте любой учебник по нерелятивистской квантовой механике, и вы найдете огромное разнообразие искусственных примеров — таких, как частицы в ящиках с непроницаемыми стенками, частицы, расположенные вдоль одномерных струн, и т.п. Однако, когда вы объединяете квантовую механику с релятивизмом, вы обнаруживаете, что у вас вообще *почти не остается* возможностей, чтобы представить себе какие-нибудь допустимые физические системы. Природа каким-то образом ухитрилась быть одновременно и релятивистской и квантово-механической; но в совокупности эти условия *настолько ограничительны*, что они мало оставляют ей вариантов выбора того, какой она могла бы быть...» (Холтон, 1981, с. 13—14).

### **Невозможные события**

**7.12.** Одно из наиболее важных (если не самое важное) изменений, вносимых принципом ограничения, касается того, относительно *чего* должен быть поставлен вопрос — «почему?». Традиционный способ мышления на вопрос «почему?» ожидает определенного ответа, а именно такого, который может быть интерпретирован

---

как основание для события, относительно которого задается вопрос. Естественно при этом, что этот вопрос ставится всегда относительно события, которое либо уже произошло, либо *может* произойти. Классическая наука вообще не интересовалась явлениями, которые не могут происходить в природе, и это вполне понятно — в классической картине мира законы являют собой *предписания* для событий и потому говорят только о том, что либо произошло, либо произойдет (разумеется, *тем самым* они говорят также о *спектре* явлений, которые не могут произойти; ср. с обсуждением аналогичного вопроса в § 6.6.). Между тем из предыдущего изложения ясно, что в этом вопросе угол зрения может быть радикально изменен.

Нетрудно понять, что принцип ограничения исходит из диаметрально противоположного положения. Согласно ему, объяснения требует не то обстоятельство, почему некоторое событие  $c$  произошло (или произойдет); наоборот, объяснить следует именно то, почему мыслимое событие  $c'$  не происходит (или не может произойти в данном мире). Тем самым внимание переносится на мыслимые события, которые не происходят в мире, и только по отношению к ним ставится вопрос «почему»? Подобное обращение акцента вполне естественно, если исходить из того, что законы мира не вызывают события, а наоборот, ограничивают их разнообразие. Поэтому ясно, что в каждом случае необходимо искать объяснения лишь тому, почему некоторое мыслимое событие не происходит: в спонтанно-событийном мире, который согласуется с основными посылками принципа ограничения, все, что происходит, не подлежит вопросу — «почему?».

Нам бы не хотелось, чтобы от внимания читателя ускользнуло то обстоятельство, что принцип ограничения вовсе не отвергает необходимости достаточного основания. Он только переносит его из сферы возможных событий в сферу запрещенных событий. В последней столь же непреклонно и однозначно, как и в мире классической физики,

---

действует принцип достаточного основания. Согласно ему *без достаточного на то основания никакое мыслимое событие не может быть невозможным*. Подобный перенос достаточного основания в сферу невозможных событий связан с изменением самого понимания возможных и невозможных событий.

**7.13.** В соответствии с принципом ограничения невозможным событием является только такое мыслимое событие, которое нарушает хотя бы один из запретов, действующих в мире *W*. Всякое иное мыслимое событие *может произойти в этом мире*.

Такое понимание не совпадает с традиционной точкой зрения. Согласно последнему к классу невозможных событий относятся такие события, относительно которых не существует закона-предписания, гласящего, что данные события возможны. Иными словами, традиционный способ мышления считает невозможным всякое такое событие, которое не имеет достаточного основания, чтобы произойти. Подобное понимание, очевидно, вполне согласуется с картиной мира, отвечающей требованиям принципа достаточного основания. Поэтому не случайно, что примеры, демонстрирующие сущность лейбницевого принципа, самым известным из которых является пример с буридановым ослом (см. § 5.4)<sup>1</sup> целиком покоятся на традиционном понимании невозможных событий. Именно на этом примере мы сейчас продемонстрируем коренное различие этих двух пониманий.

Читатель вероятно помнит, что буриданов осел придерживался классического взгляда на мир. Будучи в своем мировоззрении последовательным, он неподвижно стоял между двумя охапками сена, не отклоняясь ни в одну, ни в другую сторону (точно так же, как тело, движущееся прямолинейно, не отклоняется в сторону, см. § 5.5). Осел твердо усвоил, что без достаточного на то основания

<sup>1</sup> Разумеется, мысленный эксперимент с ослом, приписываемый Жану Буридану, не мог иметь целью иллюстрировать идеи Лейбница, поскольку Буридан жил в XIV веке.

---

он не может выбрать, к какой именно из двух охапок ему направиться (а в любую другую сторону голодному ослу, по-видимому, и не хотелось идти); опустив голову, он терпеливо ждал, когда, наконец, появится спасительное основание съесть хоть одну охапку сена.

Предположим теперь, что за время вынужденного бездействия осел предавался размышлениям о достоинствах и недостатках исповедуемого им принципа достаточного основания и по прошествии шести веков неожиданно пришел к идее принципа ограничения (независимо от автора этой книги). И сразу же ситуация перестала быть столь безнадежной. В последний раз в сердцах помянув все необходимые и достаточные основания, осел без колебания направляется к правой охапке сена и съедает ее.

Но почему именно к правой? Принцип достаточного основания настолько прочно укоренился в нашем сознании, что сразу же возникает этот, на первый взгляд вполне естественный, вопрос. Зададим, впрочем, его самому ослу, и если он подобно валаамовой ослице вдруг заговорит (что было бы не удивительно для столь смышленного осла), то на наш вопрос может последовать следующий также вполне естественный ответ: «Я направился к правой охапке потому, что ничто не запрещало мне идти к этой охапке». Впрочем, такой ответ для нас уже не нов (§ 7.5). В данном случае для нас важно другое обстоятельство.

Задавая свой вопрос, мы исходили из непреложной посылки, что альтернативой случаю «подошел к правой охапке», является только случай «подошел к левой охапке» (если нас интересуют только те случаи, когда осел все же *подходит* к охапке); мы заранее исключаем как невозможное событие — «осел подошел одновременно к обеим охапкам». Между тем, то обстоятельство, что такого события еще не было, не может являться основой для того, чтобы считать, что это событие заведомо невозможно:

---

согласно принципу ограничения осел *может* съесть одновременно обе охапки сена, если на такое поведение нет запрета. И как бы подобная ситуация ни выглядела абсурдной, мы не должны исключать ее до тех пор, пока не установлена ее запрещенность (или логическая противоречивость самого допущения, что делает высказывание бессмысленным). Изречение, приписываемое Августину, как нельзя лучше разъясняет нашу мысль: «Чудеса, — говорил святой Августин, — не против природы, а против того, что нам известно, о природе». Впрочем, современная наука сама подводит нас к тому, чтобы быть осторожными со словом «абсурд». Изучение микромира показало нам, что многое из того, что мы привыкли считать абсурдом, на самом деле *происходит* в мире. Красочное описание подобной «бессмыслицы» дает Г.Я. Мякишев в популярной книге «Элементарные частицы». Рассмотрев процесс рождения и распада нейтральных K-мезонов, автор не без основания восклицает: «Необычно здесь все до крайности». Подобное заключение становится вполне убедительным, когда вслед за этим описанные события переводятся на язык привычных нам образов. Вот что пишет автор: «В макромире это соответствовало бы следующей картине. Из рощи вылетела стая серых ворон. Но в этой стае каждая ворона — это, в сущности, смесь в равной пропорции орла и ястреба. По дороге ястребиная часть ворон вымирает и дальше летят уже орлы, которых, однако, вдвое меньше, чем было ворон раньше. При этом каждый орел — это смесь серой и белой вороны в равных количествах. Во второй роще часть белых ворон погибает. Вылетает серых ворон больше, чем белых. А это в свою очередь означает, что появились ястребы, давно погибшие возле первой рощи. Сплошная фантазмагория, тем не менее для K<sup>0</sup>-мезонов все происходит на самом деле именно так» (Мякишев, 1981, с. 117). Пожалуй, после этой картины намерение буриданова осла съесть одновременно две охапки сена выглядит совершенно безобидной прихотью.

---

Разумеется, в макромире, к которому мы сами принадлежим и в котором сформировался наш здравый смысл, трудно (да и не следует, пожалуй) ожидать столь необычные события: макро-осел наверняка не пойдет одновременно в двух противоположных направлениях (если допустить, что это утверждение вообще осмысленно). Привычные в повседневной жизни тела представляют собой системы колоссальной сложности, и то, что позволено частице, не позволено ослу.

По-видимому, различие в количестве ограничений, которым поведение систем подчиняется, является одним из основных признаков, разделяющих системы на простые и сложные: с повышением сложности системы усиливаются ограничения на возможные способы поведения системы. Если это так, то, очевидно, это связано прежде всего с количеством и сложностью взаимодействия систем между собой и элементов внутри системы. Разумеется, в этом утверждении понятие взаимодействия имеет не совсем традиционное содержание, также как нетрадиционной становится роль его в регулировании поведения систем.

На этом мы должны остановиться подробнее.

### **Взаимодействие**

**7.14.** Для классической науки взаимодействие между телами (в частности, воздействие одного тела на другое) означает прежде всего акт, выполняющий функцию некоего регулятора, предписывающего взаимодействующим телам определенную, вполне однозначную линию поведения. Мы имели уже возможность убедиться в этом в предыдущих главах, в частности, в пятой главе, и поэтому вряд ли сейчас есть надобность в подробном обосновании того, что именно *подобное* понимание сущности взаимодействия тел лежит в основе однозначного детерминизма. Тогда же мы видели, что фактически именно во взаимодействии обнаруживается (или даже содержится в нем, если так можно выразиться) то достаточное основание,

«в силу которого» тело ведет себя тем или иным конкретным образом. Без воздействия ничто не происходит и ничто не изменяется, ибо «всякая вещь, — говорит Декарт, — пребывает в том состоянии, в каком она находится, пока ничто ее не изменит» (Декарт, 1950, с. 486). Подобное представление вполне соответствует картине мира, которая лишена собственной событийности — в таком мире для всякого события необходимо внешнее воздействие (то есть, по сути, принуждение). Отсюда и проистекает понимание взаимодействия как силы (в широком смысле), выводящей тела из оцепенения, в котором они пребывают как в единственно естественном для себя состоянии (состоянием «оцепенения» является, очевидно, и прямолинейное равномерное движение в ньютоновской механике, см. § 5.6).

Такое представление о сущности взаимодействия не может соответствовать картине мира, согласующейся с принципом ограничения — в спонтанно-событийном мире акт взаимодействия между телами выполняет совершенно иную функцию. Последняя непосредственно вытекает из самого факта событийности мира, и в этом несложно убедиться.

В самом деле, в спонтанно-событийном мире для любого тела изначально осуществимо любое поведение, не подпадающее под ограничения, поэтому в таком мире акт взаимодействия между телами может иметь двойное последствие — либо он никаким образом не будет влиять на поведение тел, либо же ограничит разнообразие способов их поведения. Иных последствий не может быть.

(Впрочем это не совсем точно, хотя для нашего рассуждения это и не существенно. Утверждение, что взаимодействие тел может только ограничить разнообразие поведения, если оно вообще на нем отражается, не исключает, однако, того обстоятельства, что при некоторых взаимодействиях — а может быть и при всех — объект может освободиться, наоборот, от ряда ограничений. Следует иметь в виду, несколько опережая изложение, что различные типы взаимодействий

---

могут различным образом ограничивать поведение (то есть запрещать не одни и те же события). В одних случаях ограничение может быть очень сильным, сводящим поведение к одной единственной последовательности состояний, в других же случаях взаимодействие может оставить широкие возможности для поведения тел. Поэтому, освобождаясь от взаимодействия одного типа и включаясь во взаимодействие другого типа, у тела разнообразие возможных способов поведения не только не уменьшится, но, напротив, даже увеличится. Например, если первый из названных типов — это ядерное взаимодействие, а второй, в который затем тело включилось — электромагнитное, то тело может более не подчиняться закону сохранения изотопического спина).

Совершенно ясно, что первый из случаев, то есть допущение того, что взаимодействие вообще не влияет на поведение тел, не может быть принято. В самом деле, что может в таком случае означать акт взаимодействия, если он никак не отражается на поведении тел. Остается принять только второе допущение.

Таким образом, в соответствии с развиваемой здесь точкой зрения, взаимодействие представляет собой ограничение на возможное разнообразие поведения тел. Другими словами, в спонтанно-событийном мире воздействие одного тела на другое означает не что иное, как ограничение первым из них возможных способов поведения второго тела.

**7.15.** Подобное представление о существе акта взаимодействия не следует расценивать как надуманное. Несмотря на то, что оно непосредственно следует из основной идеи принципа ограничения, в то же время это представление оказывается близким тому пониманию взаимодействия, которое мы встречаем, например, в теоретической кибернетике. В работе «Принципы самоорганизации» У.Р. Эшби пишет: «Передача информации от А к В необходимо подразумевает наличие некоторых ограничений, некоторой корреляции между событиями в А и В.

---

Если, например, при данном событии в  $A$  в точке  $B$  может произойти любое из возможных событий, то из  $A$  в  $B$  нет передачи и на все возможности пары состояний  $(A, B)$  не наложено ограничений. Таким образом, наличие «организации» между переменными эквивалентно существованию *ограничений* в пространстве возможностей» (Эшби, 1966, с. 316—317). Эту мысль Эшби развивает достаточно подробно в другой своей работе (Эшби, 1959, с. 181—184). В ней Эшби утверждает, что во всех случаях зависимость между объектами связана с уменьшением числа степеней свободы каждого из них (что, по существу, аналогично тому, что мы называем ограничением разнообразия поведения), и, наоборот, уменьшение числа степеней свободы объектов говорит об их связи между собой. Следовательно, принимается точка зрения, согласно которой воздействие одного объекта на другой необходимо предполагает (или даже, скорее, представляет собой) уменьшение числа степеней свободы объекта, на который оказывается воздействие. Соответственно, полная независимость объекта равнозначна снятию ограничений на его поведение. Данное обстоятельство может быть легко продемонстрировано на следующем простом примере.

Рассмотрим совокупность  $M$  из трех объектов  $a, b, c$ . Каждый из объектов может находиться в двух состояниях (или принимать два значения) 0 и 1. Число всех комбинаций, возможных для совокупности  $M$  равно, очевидно, восьми. Если мы захотим представить совокупность  $M$  в виде вектора с тремя составляющими  $(a, b, c)$ , то вся возможная комбинация значений составляющих  $(/0, 0, 0/, /0, 0, 1/, /0, 1, 1/$  и т.д.) образует множество  $B$  векторов, состоящее из восьми элементов. Отметим, что количество элементов множества  $B$  показывает его разнообразие.

Если теперь мы станем измерять разнообразие множества и составляющих вектора в битах, то окажется, что разнообразие множества  $B$  равняется трем

---

битам (поскольку оно состоит из восьми элементов, а  $\log_2 8 = 3$ ), тогда как разнообразие составляющей вектора будет равно одному биту (поскольку составляющая вектора может принимать два значения —  $\log_2 2 = 1$ ).

После этих предварительных замечаний мы можем сформулировать интересующее нас здесь утверждение следующим образом: отношение разнообразия множества  $B$  к сумме (логарифмических) разнообразий каждой из составляющих вектора  $(a, b, c)$  служит показателем наличия или отсутствия взаимодействия между объектами  $a, b, c$ ; если это отношение равно единице, то есть если разнообразие множества равно сумме (логарифмических) разнообразий составляющих, то это означает, что взаимодействие между объектами  $a, b, c$  отсутствует; если это отношение меньше единицы, то есть если сумма (логарифмических) разнообразий составляющих больше разнообразия множества, то отсюда следует, что между объектами  $a, b, c$  существует связь.

Как видим, наличие взаимодействия между объектами ставится данным утверждением в прямую связь с наличием ограничения на разнообразие поведения объектов. Равенство разнообразия множества векторов сумме (логарифмических) разнообразий составляющих вектора говорит о том, что разнообразие поведения каждого объекта ничем не ограничено. Это, в свою очередь, означает, что объекты независимы друг от друга и каждый из них ведет себя так, как если бы других объектов вообще не было (в данном случае объекты  $a, b, c$  оказываются независимыми друг от друга, поскольку сумма (логарифмических) разнообразий составляющих вектора  $(a, b, c)$  равно трем битам). И только в том случае, когда разнообразие множества векторов окажется меньше (больше не может быть) суммы (логарифмических) разнообразий составляющих вектора, что возможно лишь тогда, когда разнообразие поведения объектов ограничено, мы можем сказать, что объекты  $a, b, c$  в той или иной мере взаимодействуют между собой. (Подробнее об этом см: Эшби, 1959, гл. 7).

### Принципиальная стохастичность

**7.16.** Итак, в картине мира, согласующейся с принципом ограничения, взаимодействие тел представляет собой не что иное, как ограничение разнообразия их поведения (или, в общем виде, разнообразия событий). В то же время вполне ясно, что ограничивая поведение тела, взаимодействие не всегда должно ограничивать его до *одной единственной* линии. Запрещая одни типы поведения, взаимодействие может оставлять возможным целый *спектр* линий поведения<sup>1</sup>. Поэтому, характеризуя регулятивную функцию взаимодействия тел, мы можем сказать, что ограничивая разнообразие способов их поведения, взаимодействие задает тем самым спектр возможных линий поведения тел (что соответствует классу разрешенных событий). При этом если окажется, что спектр состоит из более чем одной линии поведения<sup>2</sup> и ни одна из них не запрещена никаким иным запретом, то взаимодействующий объект может осуществлять любое возможное для него поведение. Относительно данного взаимодействия ни одна из этих линий поведения не будет иметь какого-либо преимущества — все они *равновозможны*. Последнее обстоятельство имеет непосредственное отношение к центральной проблеме этой книги и подводит нас

<sup>1</sup> Здесь мы хотим еще раз обратить внимание на немаловажное обстоятельство, о котором мы уже говорили выше. Вводя понятие спектра линий поведения, мы не должны подразумевать при этом только такие типы поведения, которые не противоречат нашим установившимся представлениям. Если нам неизвестен закон, запрещающий те или иные способы поведения, мы не должны заранее исключать их, если даже с точки зрения здравого смысла (научного или обыденного) они выглядят совершенно невозможными (разумеется, при условии, если описание подобных способов поведения осмысленно и логически непротиворечиво).

<sup>2</sup> В частности, количество линий поведения, составляющих спектр, может быть равно единице или нулю.

к ее решению (если оптимистично допустить, что это будет действительно решением).

**7.17.** Явление принципиальной стохастичности было нами определено в § 3.13 следующим образом: принципиально стохастической (принципиально вероятностной) мы полагаем такую последовательность событий, при которой строго идентичные операнды под воздействием строго идентичных операторов переходят в строго различные образы; если такое произойдет, то подобный переход будет являться *неоднозначно* детерминированным, а поведение системы, состояние которой сменяется подобным образом, будет *принципиально стохастичным*.

Однако что, собственно, означает то обстоятельство, что под воздействием некоторого оператора  $E$  система  $S$  из состояния  $a$  (операнда  $a$ ) перешла в состояние  $a'$  (образ  $a'$ )? По-видимому, только то, что два объекта (или тела, или две системы — для наших рассуждений они могут выступать синонимами)  $E$  и  $S$  взаимодействуют между собой и в процессе взаимодействия обнаруживается некоторый определенный тип поведения, а именно, что система  $S$  из состояния  $a$  перешла в состояние  $a'$  (правда, в данном случае следует говорить о воздействии  $E$  на  $S$ , а не о взаимодействии, поскольку мы интересуемся только поведением объекта  $S$ ).

**7.18.** В традиционной картине мира поведение объектов однозначно задается актом их взаимодействия и каждый объект обнаруживает одну единственную траекторию поведения. Отсюда естественно следует, что под воздействием объекта  $E$  (оператора) система  $S$  из состояния  $a$  может перейти только в одно определенное состояние  $a'$ . Таково «лапласовское» понимание поведения тел, в основе которого лежит «великий закон» Лейбница — закон достаточного основания.

**7.19.** В мире, для которого справедлив принцип ограничения, акт взаимодействия в общем случае определяет *спектр* линий поведения объектов. Следовательно, актом взаимодействия не задается, *какая именно* линия поведения должна

осуществиться системой — относительно акта взаимодействия, то есть относительно воздействия оператора  $E$  на систему  $S$  все разрешенные переходы операнда в образы будут *равновозможны*. А это означает не что иное, как то, что под воздействием строго идентичных операторов строго идентичные операнды могут переходить в строго различные образы. Реализация любого из возможных переходов представляет собой *принципиально стохастический акт*.

---

**Несомненно, что спорить будут всегда, пока наука будет двигаться вперед. Нужно только, чтобы дискуссии относились не к фактам, но лишь к их истолкованию. Интерпретация фактов связана со знаниями, которыми мы обладаем, и по мере того, как наши знания развиваются, нам часто приходится менять наши мнения о том, каким образом следует понимать все результаты опытов.**

**Клод Бернар.**

## ***РЕЗЮМЕ***

### **I**

Подведем краткий итог.

1. Мы обнаружили, что большинство физиков, столкнувшись с новыми явлениями на атомном и субатомном уровнях, сумело отказаться от традиционного типа мышления. На этой основе возникла неклассическая концепция детерминизма, которая в качестве основного ядра содержит в себе идею принципиально стохастического поведения (единичной) системы.

Однако не все физики, в том числе и такие выдающиеся, как Макс Планк или Эйнштейн, согласились принять такую концепцию. При этом они не подвергали критике сам фактический материал, на основе которого строилась концепция — они отвергали только *концепцию*, расценивая ее как *неестественную и непонятную* интерпретацию поведения микрочастиц. Чтобы сделать ее естественной и понятной, ряд физиков воспользовался идеей скрытых параметров, которые, будучи ненаблюдаемы, делают квантовую теорию согласующейся с классическим детерминизмом. Однако преобладает глубокое убеждение, что идея скрытых параметров несостоятельна.

Далее мы убедились, что согласно мнению как приверженцев классического детерминизма, так и его противников, принятию идеи принципиальной стохастичности мешает некий психологический барьер, который не всеми может преодолеваться. При этом мы высказали предположение, что осуждению в данном случае подлежит не этот психологический барьер, обрекающий на консерватизм, а сама концепция принципиальной стохастичности, которая, не обладая внутренней целостностью, не сумела убедить своих противников пожертвовать привычным и во многом оправдавшим себя стилем мышления. Было показано, что порок этой интерпретации заключается в том, что она включает в себя две противоречащие друг другу идеи — принципиальной стохастичности и закона достаточного основания.

Для преодоления этой трудности существуют, по-видимому, три пути. Первый из них состоит в том, чтобы во всех случаях, когда речь идет о стохастических процессах, предполагать наличие скрытых параметров — безразлично, наблюдаемых или ненаблюдаемых. Тем самым, очевидно, противоречие снимается, и закон достаточного основания сохраняется в неприкосновенности. Существенно при этом то, что признание скрытых параметров может быть сделано в такой форме, чтобы само понятие скрытого параметра вообще не фигурировало. Вместо него можно говорить о возмущениях поведения системы, о ее неизолированности, о взаимодействии со всем миром и т.п. Мы видели, что в большинстве случаев так и поступают. Ясно, что при этом понятие принципиальной стохастичности приобретает фигуральный смысл.

Второй из названных путей преодоления трудности более прост и тривиален; он заключается в том, чтобы вообще не пытаться интерпретировать явление неоднозначности и просто говорить о нем как о первичном факте. Ясно, что при подобном решении вопроса всякие противоречия исчезают,

---

поскольку противоречия могут существовать между высказываниями, а в данном случае ничего не высказывается. Однако именно это делает сам способ решения проблемы пустым.

Третий путь преодоления противоречия между идеей принципиальной стохастичности и законом достаточного основания наиболее радикален и состоит он в том, чтобы либо отказаться от идеи стохастичности, либо же от закона достаточного основания. Как мы видели, отказ от идеи принципиальной стохастичности связан с отказом от современной физической картины микромира и отвергается большинством физиков и методологов. Что же касается попытки отказаться от закона достаточного основания и наметить контуры стиля мышления, свободного от поисков достаточного основания, то такая попытка, насколько нам известно, никем не предпринималась. Между тем мы полагаем, что именно на этом пути лежит возможность построения концепции, действительно могущей претендовать на статус концепции нелапласовского детерминизма.

## II

2. Закон достаточного основания оказал глубокое влияние на стиль научного мышления. Исторически он развивался в двояком плане — логическом и онтологическом. У Лейбница, который формулировал его как «великое начало», подобная двойственность получила четкое выражение.

Слитное развитие обоих аспектов закона достаточного основания<sup>1</sup> обусловило то, что принятие одного из них одновременно означало принятие также и другого: необходимость достаточного основания. Для логического вывода стала

<sup>1</sup> Для удобства в этой книге за логическим аспектом мы оставили название закона достаточного основания, а онтологический аспект именовали принципом достаточного основания.

восприниматься как необходимость его также и для самого мира. В дальнейшем логический аспект закона достаточного основания нашел воплощение в математической логике в теории (дедуктивного) доказательства. Онтологический же аспект приобрел качество чего-то тривиально непреложного и прочно укоренился в сознании ученых (составив неотъемлемую часть того, что мы назвали «научным здравым смыслом»).

3. Картина мира в классической физике глубоко связана с законом достаточного основания. Ему удовлетворяет не только однозначный детерминизм индивидуальных событий, но и вероятностная неоднозначность статистических совокупностей. Положение как будто бы изменилось с возникновением квантовой механики, внесшей в науку понятие принципиальной стохастичности. Однако, на наш взгляд, квантовая механика продолжает оставаться в русле закона достаточного основания: она исходит из этого закона и лишь указывает на существование *исключений* из него (в микромире).

4. Возражения, выдвигаемые против интерпретации квантовой механики, принимающей принципиальную стохастичность, также основываются на законе достаточного основания. Яснее всего это проявляется в постулировании скрытых параметров — последние нужны не для полноты описания, поскольку они полагаются вообще ненаблюдаемыми, а прежде всего для удовлетворения закону достаточного основания. Надо признать, что не переосмыслив этот закон, трудно осмыслить принципиальную стохастичность: невозможно уйти от вопроса, почему осуществляется одно событие, а не другое, если они равновозможны. В рамках закона достаточного основания это можно (при доброй воле) принять, но не осмыслить. Именно это выражено в метафоре Эйнштейна о божестве, играющем в кости.

### III

5. Закон достаточного основания — общелогический закон, и считать его справедливым для самого мира не обязательно.

---

В качестве возможной альтернативы ему мы предложили в этой книге принцип, условно названный принципом ограничения. Он гласит: всякое событие, которое не запрещено — происходит, и единственным основанием для этого является отсутствие запрета на него. В рамках принципа ограничения закон достаточного основания приобретает следующую форму: всякое событие происходит, если *нет* достаточного основания, чтобы оно не происходило (для сравнения можно сформулировать в аналогичной форме традиционный закон достаточного основания: всякое событие происходит, если *есть* достаточное основание, чтобы оно произошло). Таким образом, для возможных событий не требуется основания (в традиционном смысле). Отметим, что формулируемый принцип ограничения не имеет отношения к принципу индифференции в теории вероятностей, который исходит из *незнания*, а не отсутствия достаточного основания.

6. Принцип ограничения исходит из представления о мире мыслимых событий (аналогичного тому, что обычно именуется абстрактным пространством возможностей), который принципиально отличается от мира, подчиняющегося закону достаточного основания и в котором, в силу этого, ничего не происходит, пока для этого не будет основания. Принцип ограничения принимает картину мира, в котором любое мыслимое событие не происходит только тогда, когда на него существует запрет (ограничивающий пространство возможностей). События в этом мире происходят не потому, что существует закон, по которому они *должны* произойти, а происходят потому, что не существует закона, по которому они *не должны* происходить. Эта перестановка акцента связана с изменением взгляда на законы природы. Последние в соответствии с законом достаточного основания понимаются как некоторые правила, предписывающие, каким именно событиям, когда и в какой форме надлежит *происходить*. С точки зрения принципа ограничения законы природы ничего не говорят о том, какие именно события должны

---

произойти; они говорят о запрещенных событиях и лишь *тем самым о спектре* незапрещенных событий.

Если наука традиционно интересовалась теми событиями, которые *происходят* в мире, не интересуясь *не* происходящими событиями, то согласно принципу ограничения объяснения требует как раз то, почему некоторые (мыслимые) события *не* происходят. Таким образом, внимание переносится на происходящие в мире события и *к ним* ставятся вопросы типа — «почему?». Мир полагается изначально событийным, в котором происходят *все* возможные события. В таком мире вопрос — почему произошло именно это возможное событие, а не другое — лишается смысла (поскольку ответ всегда один и тот же — потому что оно не запрещено). Если два мыслимых события одинаково не запрещены, то они абсолютно равновозможны (аналогично тому, как в рамках закона достаточного основания можно было бы сказать о равновозможности двух *не* происходящих событий).

7. Для каждого объекта имеется множество (мыслимых) состояний, в котором он может находиться. В соответствии с законом достаточного основания следовало бы сказать, что взаимодействие объектов превращает одно из этих возможных состояний в реальность. Между тем из принципа ограничения следует, что взаимодействие объектов превращает возможное не в реальность, а в *невозможное*. В мире, в котором существуют ограничения на события, взаимодействие увеличивает их: некоторые возможные (до взаимодействия) события становятся невозможными.

8. Сложные взаимодействия макротел могут резко усилить ограничения. В предельном случае для некоторых объектов может существовать только одна возможность. Такие случаи согласуются с законом достаточно-то основания. Однако не следует упускать из виду, что при этом закон достаточного основания становится лишь частным случаем принципа ограничения: некоторое со бытие *A* делает невозможным все другие события, кроме одного *B*.

---

9. Предложенный здесь подход не является произвольным. Он находится в русле развития современной физики, которая принимает, что всякое физическое явление (в микромире), не запрещенное законами сохранения, должно происходить. (Это обуславливает определенную научную стратегию в физике — поиск новых законов сохранения, объясняющих, почему ненаблюдаемое явление не наблюдается). Однако намеченный в книге принцип ограничения не связан рамками физического познания<sup>1</sup>.

10. В биологических исследованиях значительное внимание уделяется объяснению того, для чего или почему возникают и существуют те или иные биологические явления. Эта тенденция настолько сильна в ней, что способ выражения биологов создает впечатление, что большинство из них придерживается телеологических взглядов. Хотя это, безусловно, не так, но немало усилий приходится тратить на то, чтобы объяснить, что это не так. Возможно, что принцип ограничения избавил бы биологов от некоторых проблем, формулируемых в виде таких (остающихся без ответа) вопросов, как «Почему в ходе эволюции ДНК создала для своего собственного воспроизведения трубказубов и людей, тогда как бактерии и другие простые организмы могут не хуже служить для этой цели» (Эрлих, Холм, 1966, с. 295), или «Что же послужило причиной возникновения более высоких уровней организации? Ведь и бактерии совсем неплохо справляются с задачей приспособления к изменяющимся условиям среды. Для чего же биомасса создала такие сложные организмы, как, скажем, мышь или человек»? (Гробстайн, 1968, с. 120). Автор последнего вопроса признает, что «ответ на поставленный вопрос нам неизвестен».

<sup>1</sup> В качестве общесистемного принципа (под названием принципа реализации) принцип ограничения сформулирован в статье автора «К проблеме целостности и уровней а системном подходе» (Сариев, 1980).

Трудно представить, какой именно ответ мог бы нам быть известен. По-видимому, нет никаких оснований ограничиваться только этим вопросом и не задать следующий: «Для чего природа создала биомассу, когда и без нее было совсем неплохо неорганическим соединениям?». Ясно, что логика всех подобных вопросов одна и та же и лежит она в русле закона достаточного основания.

---

## ЛИТЕРАТУРА

- Аристотель. Сочинения, т. 3. М., Мысль, 1981.
- Ахиезер А.И., Половин Р.В. Почему невозможно ввести в квантовую механику скрытые параметры. — «Успехи физических наук». т. 107, вып. 3, 1972,
- Баженов Л.Б. Принцип детерминизма и законы сохранения. — «Современный детерминизм. Законы природы». М., Мысль, 1973.
- Берталанфи Л. фон. Общая теория систем — обзор проблем и результатов. — «Системные исследования, 1969». М., Наука, 1969.
- Бир Ст. Кибернетика и управление производством. М., Физматгиз, 1965.
- Берг Л.С. Труды по теории эволюции. Л., Наука, 1977.
- Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. М., Наука. 1976.
- Блохинцев Д.И. Принципиальные вопросы квантовой механики. М., Наука, 1966.
- Больцман Л. Статьи и речи. М., Наука, 1970.
- Бом Д. О возможности интерпретации квантовой теории на основе представления о «скрытых» параметрах. — «Вопросы причинности в квантовой механике». М., ИЛ, 1955.
- Бом Д. Причинность и случайность в современной физике. М., ИЛ, 1969.
- Бор Н. Атомная физика и человеческое познание. М., ИЛ, 1961.
- Бор Н. Избранные научные труды, т. 11. М., Наука, 1971.
- Борель Э. Вероятность и достоверность, М., Наука, 1969.
- Боринг Э. Введение к: Хензел Ч. Парапсихология. М., Мир, 1970.
- Борн М. Физика в жизни моего поколения. М., ИЛ, 1963.
- Борн М. Натуральная философия причины и случая. — Приложение к: Борн М. Моя жизнь и взгляды. М., Прогресс, 1973.
- Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация. М., Мир, 1966.
- Бройль Л. де. Остается ли квантовая физика недетерминированной? — «Вопросы причинности в квантовой механике». М., ИЛ, 1955.
- Бройль Л. де. Революция в физике. М., Атомиздат. 1965.
- Бунге М. Причинность. Место принципа причинности в современной науке. М., ИЛ, 1962.

- 
- Вайнберг С. Распад протона. — «Успехи физических наук», 1982, т. 137, вып. 1.
- Введенский А.И. Логика как часть теории познания. Спб. 1911.
- Владиславлев М.И. Обзорение индуктивных и дедуктивных приемов мышления и исторические очерки: логики Аристотеля, схоластической диалектики, логики формальной и индуктивной. Спб. 1981.
- Вессель Ж. Так называемый индетерминизм в атомной физике. — «Вопросы причинности в квантовой механике». М., ИЛ, 1955.
- Вопросы причинности в квантовой механике. М., ИЛ, 1955.
- Гейзенберг В. Физические принципы квантовой теории. М., Гостехиздат, 1932.
- Гейзенберг В. Физика и философия. М., ИЛ, 1963.
- Гробстайн К. Стратегия жизни. М., Мир, 1968.
- Гелл-Манн М., Розенбаум П.Е. Элементарные частицы. — «Над чем думают физики?», вып. 2, «Элементарные частицы», М., Мир, 1963.
- Девис П. Пространство и время в современной картине Вселенной. М., Мир, 1980.
- Декарт Р. Избранные произведения. М., Госполитиздат. 1950.
- Дирак П. Принципы квантовой механики. М., Наука, 1979.
- Заварзин Г.А. Несовместимость признаков и теория биологической системы. — «Журнал общей биологии», 1969, т. 25, № 1.
- История и теория эволюционного учения, кн. 1. Л., Наука, 1973.
- История и теория эволюционного учения, кн. 2. Л., Наука, 1974.
- Карнап Р. Философские основания физики. М., Прогресс, 1971.
- Клини С. Математическая логика. М., Мир, 1973.
- Койре А. Галилей и Платон. В. кн.: Койре А. Очерки истории философской мысли. М., Прогресс, 1985.
- Копылов Г.И. Всего лишь кинематика. М., Наука, 1981.
- Кордюм В.А. Эволюция и биосфера. Киев, Наукова думка, 1982.
- Кун Т. Структура научных революций. М., Прогресс, 1975.
- Купцов В.И. Детерминизм и вероятность. М., Госполитиздат, 1976.
- Курно Ог. Основы теории шансов и вероятностей. М., Наука, 1976.
- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М., Наука, 1964.

- 
- Лаплас П. Опыт философии теории вероятностей. М., 1908.
- Лейбниц Г. Избранные философские сочинения. М., 1908.
- Лейбниц Г. Сочинения, т. 1. М., Мысль, 1982.
- Лидерман Л. Двухнейтринный эксперимент. — «Над чем думают физики?», вып. 3, «Элементарные частицы». М., Мир, 1965.
- Льюэллин-Смит К. Явные и скрытые симметрии.— «Фундаментальная структура материи». М., Мир, 1984.
- Любищев А.А. Проблемы формы, систематики и эволюции организмов. М., Наука, 1982.
- Маковельский А.О. Древнегреческие атомисты. Баку, изд-во АН Аз. ССР, 1946.
- Марков М.А. О природе материи. М., Наука, 1976.
- Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж. Гравитация, в 3-х т.т., Мир, 1977.
- Милль Дж. С. Система логики индуктивной и силлогистической. М., 1914.
- Минто В. Дедуктивная и индуктивная логика. Спб., 1901.
- Мякишев Г.Я. Динамические и статистические закономерности в физике. М., Наука, 1973.
- Мякишев Г.Я. Элементарные частицы. М., Наука, 1979.
- Намбу Е. Кварки. М., 1984.
- Нейман Дж. фон. Математические основы квантовой механики. М., Наука, 1964.
- Ньютон И. Математические начала натуральной философии. — В кн.: Крылов А.Н. Сочинения, т. VII. М-Л., изд-во АН СССР, 1936.
- Ньютон И. Оптика или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света. М., Гостехиздат, 1954.
- Оно С. Генетические механизмы прогрессивной эволюции. М., Мир, 1973.
- Организация и эволюция живого. Л., 1972.
- Пенроуз Р. Структура пространства-времени. М., 1972.
- Перкинс Д. Внутри протона. — «Фундаментальная структура материи». М., Мир, 1984.
- Планк М. Единство физической картины мира. М., Наука, 1966.
- Пуанкаре А. О науке. М., Наука, 1983.
- Сакураи Дж. Теория сильных взаимодействий. — «Элементарные частицы и

- компенсирующие поля». М., Мир, 1964.
- Салам А. Унификация сил. — «Фундаментальная структура материи». М., Мир, 1984.
- Сариев Г. Дж. К. проблеме целостности и уровней в системном подходе. — «Вопросы философии», 1980, №5.
- Сачков Ю.В. Введение в вероятностный мир. М., 1971.
- Свенсон К., Уэбстер П. Клетка. М., Мир, 1980.
- Сент-Дьердьи А. Биоэнергетика. М., Физматгиз, 1960.
- Силк Дж. Большой взрыв. М., Мир, 1982.
- Современный детерминизм. Законы природы. М., Мысль, 1973.
- Современный детерминизм и наука. Новосибирск, 1975.
- Трейман С. Слабые взаимодействия. — «Над чем думают физики», вып. 3, «Элементарные частицы». М., Мир, 1965.
- Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. М., Наука, 1969.
- Уилер Дж. Предвидение Эйнштейна. М., Мир, 1970.
- Уилкинсон Д. Как устроена Вселенная. — «Фундаментальная структура материи». М., Мир, 1984.
- Фейнберг Дж., Голдхабер М. Законы сохранения в физике. — «Над чем думают физики?», вып. 3, «Элементарные частицы». М., Мир, 1965.
- Фейнман Р. Характер физических законов. М., Мир, 1968.
- Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. М., Мир, 1976.
- Фейнман Р., Хибс А. Квантовая механика и интегралы по траекториям. М., Мир, 1968.
- Философские вопросы квантовой физики. М., Наука, 1970.
- Фок В.А. Об интерпретации квантовой механики. — «Философские проблемы современного естествознания». М., изд-во АН СССР, 1959.
- Фок В.А. Начала квантовой механики. М., Наука, 1976.
- Форд К. Мир элементарных частиц. М., Мир, 1965.
- Формальная логика. Л., изд-во ЛГУ, 1977.
- Франк Ф. Философия науки. М., ИЛ, 1960.
- Фундаментальная структура материи. М., Мир, 1984.

- 
- Холтон Дж. Тематический анализ науки. М., Прогресс, 1981.
- Хоукинг С., Эллис Дж. Крупномасштабная структура пространства-времени, М., Мир, 1977.
- Чупров А.А. Очерки по теории статистики. М., Госстатиздат, 1959.
- Шварц К., Гольдфарб Т. Поиски закономерностей в физическом мире. М., Мир, 1977.
- Шепли Г. Звезды и люди. М., ИЛ, 1962.
- Шопенгауэр А. О четвероюм корне закона достаточного основания. В кн.:
- Шопенгауэр А. Мир как воля и представление. М., 1900.
- Эйнштейн А. Собрание научных трудов, т. IV. М., Наука, 1967.
- Эрлих П., Холм Р. Процесс эволюции. М., Мир, 1966.
- Эшби У.Р. Введение в кибернетику. М., ИЛ, 1959.
- Эшби У.Р. Конструкция мозга. М., ИЛ, 1962.
- Эшби У.Р. Принципы самоорганизации. — «Принципы самоорганизации». М., Мир, 1966.