





УДК 501+514+ 001

ББК 22 + 72.3

Д 30

**Деменок С. Л.**

Д 30 Просто символ. [Символ как вещь и вещь как символ]/Сергей Деменок. — СПб.: Страта, 2018. — 260 с., с илл. — (серия «Просто»)

ISBN 978-5-6040399-3-9

Второе издание книги «Просто символ» продолжает цикл авторских публикаций о символах. Символическое содержание мира автор видит столь же реальным, как сама реальность, соглашаясь с титанами теоретической физики: глубинные связи можно понять только тогда, когда используется язык иносказаний и образов.

Автор рассматривает символ как основополагающий элемент реальности, стоящий в одном ряду с элементарными частицами вещества и квантами действия. Обобщая принцип суперсимметрии, автор утверждает даже то, что при определенных условиях символ может заместить вещь или действие так, что в реальности ничего не изменится.

Книга призвана популяризировать фундаментальные положения точной науки и философии согласно идее: символ реален.

Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельцев.

All rights reserved. No parts of this publication can be reproduced, sold or transmitted by any means without permission of the publisher.

УДК 501+514+ 001

ББК 22 + 72.3

© Деменок С. Л., текст, 2018

© Емельяненко М., иллюстрации, 2016

© ООО «Страта», 2018

ISBN 978-5-6040399-3-9



## LE SYMBOLISM

«Зеркало в зеркало, поставь две зеркальности, и между ними поставь свечу. Две глубины без дна, расщепленные пламенем свечи, взаимно углубят одна другую, обогатят пламя свечи и соединятся им в одно... Этот закон триады, соединение двух через третье, есть основной закон нашей Вселенной. Глянув глубоко, направивши зеркало в зеркало, мы везде найдем поющую рифму... Небо вверху и Море внизу, Солнце днем и Луна ночью, звезды на небе и цветы на лулу, громовые тучи и громады гор, неоглядность равнины и беспредельность мысли, грозы в воздухе и бури в душе, оглушительный гром и чуть слышный ручей, жуткий колодец и глубокий взгляд, — весь мир есть соответствие, строй, лад, основанный на двойствен-

ности... Наши сутки падают на две половины, в них день и ночь. В нашем дне две яркие зари, утренняя и вечерняя, мы знаем в ночи двойственность сумерек, сгущающихся и разряжающихся, и, всегда опираясь в своем бытии на двойственность начала, смешанного с концом, от зари до зари мы уходим в четкость, яркость, раздельность, ширь, в ощущение множественности жизни и различности отдельных частей мироздания, а от сумерек до сумерек, по черной бархатной дорожке, усыпанной серебряными звездами, мы идем и входим в великий храм безмолвия, в глубинную созерцания, в сознание единого хора, всеединого Лада».

*К. Д. Бальмонт*  
*Поэзия как волшебство*

## НОВЫЙ МАНИФЕСТ СИМВОЛИЗМА

Призрак возрождается на Западе — призрак символизма.

Пифагорейцы совершили переворот. Числа и геометрические формы они превратили в символы. Платон ставил символическое выше вещественного. От Платона к Платину оформилось средневековое представление о божественной символической реальности. Наши представления о символах проистекают из средневекового символизма.

Средневековый символизм оборвался на самой высокой ноте. Это случилось, когда стрельчатые крыши христианских соборов устремились за пределы земной реальности. Пламенеющая готика ознаменовала пик европейского символизма. Цепная реакция умножения символов взорвала средневековый мир. Мысль не успевала наделять знаки смыслом. Знаки, как сорные травы, заполнили реальность...

В XV веке возрождение греческого наследия очистило ландшафт от бессмысленных знаков. Наука и просвещение запустили череду технических революций. И это стало основанием для возрождения символизма.

Предвестником этого возрождения стал манифест поэтов-символистов, опубликованный 18 сентября 1886 года в газете «Le Figaro». Поэты первой символической волны придавали идее чувственно постижимую форму. Столетие спустя пришел настоящий символический вал. Новая формация символистов — цифровые технократы и биржевые игроки. Они с головой погрузились в символическую стратосферу — в сферу прогнозов, ожиданий и симуляций. Они стали той силой, которая обеспечила триумфальный успех цифровой революции.

Цифровая революция совершилась под лозунгом:

*«Свобода, равенство, братство — битам!»*

Биты получили свободу. С появлением сети биты обрели независимость от людей и свое место — виртуальную реальность. Под виртуальной реальностью можно понимать любую воображаемую конструкцию, построенную на основе той или иной логики. Термин «виртуальная реальность» по аналогии с понятием виртуальной частицы (переносчиком взаимодействия) указывает на самое главное — на акт взаимодействия. Если есть взаимная реакция — есть реальность. Вот новое определение реальности:

*реально то, что производит ответную реакцию.*

Вокруг нас реальность облаков, водоворотов, пены и молний. Что ни возьми, есть символ. Символ есть в каждом фрагменте вещества и в каждом акте действия. Символы есть своего рода узлы сетевой структуры, которая все пронизывает и всем проникается. Само пространство, согласно новейшим представлениям, есть трехмерная сеть с планковским размером ячеек  $1,616\,252\dots \times 10^{-35}$  метра. В каждой ячейке хранится бит информации.

Английское слово bit («бит») — сокращение от binary digit — означает «состоящий из двух частей». Бит представляет одну из двух возможностей, которые традиционно записывают как «0» и «1». Бит — это двуликий Янус. В каждой ячейке пространства он либо «0», либо «1». В каждый момент времени содержимое ячейки пространства может изменяться. Согласованное изменение битов означает, что в мире есть структуры и есть законы. Бит является первичным элементом любой структуры и любого закона.



**Бит — это элементарный знак. Однако бит не менее фундаментален, чем квант.**

Сам по себе отдельный бит прост. Он либо «0», либо «1». Его размер не превышает фундаментальный квантовый размер

Планка. Меньше, чем атом, меньше, чем кварк, меньше даже, чем глюон, отдельный бит есть первооснова всего сущего, или, словами американского физика Джона Уилера:

*«It from bit».*



В 1990 году Джон Уилер представил информационную доктрину, согласно которой информация является фундаментальной физической сущностью. Все физические сущности — каждая частица, каждое силовое поле, даже сам пространственно-временной континуум — получают свою функцию, свой смысл и в конечном счете свое существование в процессе отражений, в том числе рефлексий сознания. Все, что мы осознанно называем реальностью, вырастает из постановки «да-или-нет», вопросов и регистрации ответов, из бинарных альтернатив, предполагающих ответ «да» или «нет», из битов.

Что ни возьми, все состоит из битов. Бит — реален. Бит — это элементарный знак, который стоит в одном ряду с элементарной частицей вещества и элементарным квантом действия.

*Элементы вещества, элементарные взаимодействия и выраженная символически организация реальности подобны огню, свету и пламени. Они существуют вместе и сразу. И если огонь укоренен в вещественном, свет представляет собой динамический поток, то пламя есть некая символическая форма. Все три ипостаси равноправны. Ни одна из них не может быть признана исходной или фундаментальной, ни одна из них не может быть признана производной или вторичной.*



Современное пространство неотделимо от времени и от бытия. Это многомерное образование, состоящее из свернутых на разных масштабах измерений. Оно довольно просторно. В нем для всего есть место и нет пустоты. Пространство тесно связано с временем. Все события в пространстве и времени относительны. Любое событие допускает абсолютно не связанные друг с другом интерпретации. Любое событие вызывает отражение в каждом направленном на него взгляде.

Отражающие поверхности — это не столько зеркала, сколько мониторы, плазмы и экраны планшетов. Они — не просто искажающие реальность кривые зеркала. Они активны и маневренны. Они завораживают глубиной — новым измерением, новыми горизонтами общения. Очарование этих перспектив делает нас доверчивыми как дети. Как амфибии, мы впадаем в сладостную кому. Нас регистрируют в «Контакте» или в «Facebook». Это — на поверхности. А на поверку мы оказываемся перед отражающей поверхностью, в которой видим только себя («selfie»). Это короткое замыкание себя на себе есть характерное свойство петли обратного влияния. Оно проявляет себя на всех уровнях реальности. Плотность отражений достигает критического уровня. Отражения уже начинают отражаться от отражений, замыкаются сами на себе. Объективность освобождается от объекта. Мы погружаемся в мир, где отражающий экран встроен в экран, встроенный в экран. Воображаемые конструкции, отражающие реальность, сами становятся реальностью.

Петли обратного влияния появляются между двумя отражающими экранами. Каждая петля обратного влияния дискретна сама по себе, при том что физический процесс отражения непрерывен. Из-за этого реальность проявляет себя через дискретность форм и непрерывность процессов. Двойственная природа петель обратного влияния производит на поверхности такие образования, как глобальная локальность, фрагментарная целостность, толерантная строгость, маргинальный конформизм.



**Петли обратного влияния — это своего рода проводники реальности (того, что производит ответную реакцию) за пределы физически реального — в область виртуального.**

Отрываясь от липкого и вязкого физического основания, процессы ускоряются. На высоких скоростях факты сталкиваются с фикциями. После столкновения появляются новые факты и новые фикции. Теперь факт неотличим от фикции. И тот, и другой сохраняются и передаются посредством виртуальных битов. Скорости виртуальных частиц и виртуальных процессов

преодолевают все мыслимые барьеры. Фотоны могут достигать цели раньше, чем отправятся в путь, и могут находиться в двух точках пространства одновременно. Информационный сигнал получают до того, как он был отправлен. И если это фантастика, то мы живем в самой гуще этой слаженной и согласованной фантастики. Но самое фантастическое и чудесное то, что символ приобретает вещественную плотность.

**Мы не только полагаем, что есть такая вещь,  
как символ, но обнаруживаем обстоятель-  
ства, при которых символ есть вещь.**



Сначала появились знаковые символы. Знаковые символы имеют своего рода «вирусную» привязанность к материальным носителям. Знаковый символ легко покидает свой вещественный носитель и закрепляется на новом.

Потом появились информационные символы. Информационный символ, такой как бит, будучи встроен в структуру программы или алгоритма, гораздо сильнее укоренен в физической реальности. Он неотделим от процесса, но еще не привязан к веществу. Бит имеет плотность кванта действия, но еще не дотягивает до материальной плотности вещества.

Символическое соединяется с вещественным в тот момент, когда появляется квантовый символ — кубит. В нем символическое, динамическое и вещественное сливаются в одно единое целое. Любая виртуальная операция, которую можно организовать посредством квантовых символов, может быть реализована «на самом деле». Материализация символа изменяет все вокруг. Теперь идейная настройка, которая изменяла материальное основание, сама становится материальной.

**Марксизм возвращается!**



Возрождение интереса к марксизму — невероятный факт нашего времени. Объем продаж «Капитала» растет, начиная с 2008 года, как растут и продажи «Манифеста Коммунистической партии». Это отражает рост интереса к расколу и разрыву, с которыми сталкивается общество. Прежде всего это поляризация доходов богатых и бедных слоев населения.

Но не только. Появился и растет разрыв между абстрактной (виртуальной) и конкретной (физической) реальностями.

Джарон Ланир в книге «Вы не гаджет: манифест» («You Are Not a Gadget: A Manifesto») пишет:



*«Каждый уровень цифровой абстракции вне зависимости от того, как хорошо он выполнен, вносит некоторое искажение и помутнение. Никакая абстракция точно не соответствует реальности. Множество таких уровней становятся системой в себе, причем такой, которая функционирует отдельно от реальности, скрытой где-то далеко. Деньги, заработанные в облаке, совершенно не обязательно вызовут дождь на Земле».*

Между виртуальной моделью и реальным изменением действительности расширяется разрыв, в котором формируется и уплотняется слой цифровых абстракций. Среди абстракций много конструктивных моделей, много и фантомов (фр. *fantome* — призрак). Когда реальность устремляется за фантомом и настигает его, случается кризис.



**В момент кризиса жизнь становится слишком реальной.**

Волны перемен накрывают друг друга, и мы вынуждены принимать решения в интенсивном бурлящем потоке. И решения мы вынуждены принимать быстро. Быстро принимать решения помогает парадигма реальности — система представлений о связях между всем. Это может быть миф или любая другая простая, понятная, слаженная система принципов. Кристофер Фукс, квантовый физик из Лабораторий Белла, пишет:



*«Принципы должны быть четкими. Они должны привлекать. Они должны волновать душу».*

В этом суть физического реализма. Современный научный миф — это М-теория. Символ М означает «magic, mystery and matrix» — магию, тайну и матрицу. Естественная реакция

на распространение и растяжение реальности за пределы реального — тренд на упрощение, огрубление, отсекание лишнего, тренд на уплотнение смысла в абстрактных символических формах. Торговые марки, бренды, афоризмы философов, жесты политиков, звезды эстрады и кино становятся той символической реальностью, которая формирует сферу нашего сознания. Мы погружаемся в плотный информационный поток. Информационные ресурсы сгущаются и нависают над нами, не вполне видимые, не вполне осязаемые, но чрезвычайно реальные. Они аморфные и призрачные. Они висят где-то неподалеку, неизвестно где. Из своих холодных доменов они не только отражают, но активно стимулируют реальность на двух регистрах: рациональном и эмоциональном. Информация все меньше значит знание, все больше — поток. И этот информационный поток нарастает, девальвируя информацию как знание.

**Когда информация дешевеет, дорожает  
внимание.**



Захват внимания — вот новый вызов. От него нельзя уклониться. И поэтому конкурентные стратегии направлены на то, чтобы привлечь, завлечь внимание любой ценой. На первой линии захвата внимания — избыточность секса, цвета, звука, образов, запахов. На второй линии — создание и продвижение потребностей. На третьей линии — соблазн модных трендов, гламурных звезд и героических мифов. Мы погружаемся в атмосферу символического карнавала.

В шумном сверкающем пейзаже начала XXI века символический материал раскидан буквально повсюду: буквы и сообщения, звуки и изображения, новости и инструкции, цифры и факты, сигналы и знаки, биты и кубиты — сборная солянка из связанных между собой ингредиентов.

Здесь мысленное и реальное не оторваны одно от другого, но суть одно. Естественный физический мир и естественный абстрактный мир сопрягаются между собой на линии математической физики.

Математика есть узловая точка двух потоков. С одной стороны — символический поток в сторону вещей, с другой стороны — вещественный поток в сторону символов.

Это прекрасно выразил один из создателей квантовой механики Поль Дирак:



*«Математик играет в игру, где он сам изобрел правила, тогда как физик играет в игру, правила которой задаются природой, но со временем становится все более и более очевидно, что правила, которые оказываются интересными для математика, — это те же правила, что установлены природой».*

## **ГЛАВА I. СИМВОЛ КАК СИМВОЛ**



- **Символическое начало**
- **Слово — осознанный символ**
- **Символизм в искусстве**
- **Письмо и символ**
- **Символ и счет**
- **От абака — к алгоритму**
- **Числовая символика  
Средневековья**
- **Фундаментальные  
числовые константы**



## СИМВОЛИЧЕСКОЕ НАЧАЛО

Символы, как знаки различия, привлечения и предупреждения, существуют в природе. Цветы распускаются с восходом солнца. Бабочка летит на распутившийся цветок. Привлекающий или отпугивающий знак, будь то свет, цвет, звук или запах, со временем включается в структуру отношений и становится символическим знаком. Знаки производятся в природе сами по себе на поверхности физической реальности. Из этих бессознательных знаков проистекает символическая реальность.

**Символы формируют сознание, сознание производит символы.**



Сознательная символическая реальность появляется, когда появляется Слово:

*«В начале было Слово, и Слово было у Бога, и Слово было Бог» (Иоанн 1:1).*



Слово может означать вещь или действие или все, что угодно. Слово своим появлением извлекает информацию из окружающего мира. Благодаря слову информация обретает плоть.

Прежде всего появилось устное слово. Устное повествование длится плавно и непрерывно. Звуковые волны распространяются на несколько метров и затухают навсегда. Но до того, как звук угаснет, в потоке речи мы успеваем различить и выделить сигнальные знаки. Будучи услышанными, эти знаки сохраняются в памяти и влияют на наши намерения и действия.

Речевые словесные знаки нераздельно слиты с интонацией речи. В разговоре лицом к лицу, оживленном жестами и прикосновениями, вовлечены все чувства. Теоретик воздействия артефактов как средств коммуникации Маршалл Маклюэн писал:



*«Чем больше число вовлеченных чувств, тем выше вероятность передачи точной копии ментального состояния посылающего [сообщение]».*

Это справедливо для любой сигнальной системы, будь то сигнальная система растений, насекомых или животных. Сигнальная система Homo sapiens, не исключение. Однако, в отличие от животных, человек способен различать и распознавать символы. Символы отличаются от сигнальных знаков тем, что они есть знаки петель обратного влияния, сформировавшихся в природе. Именно эта способность отличает человека от животного.

Судите сами. В течение двух миллионов лет человекообразные обезьяны (приматы) изготавливали одни и те же орудия почти без каких-либо изменений. Шимпанзе, например, и сегодня используют острые камни и вполне эффективно овладевают техникой скалывания. В период от 200 тысяч лет назад до 35 тысяч лет назад самой биологически продвинутой группой людей были «европейские» неандертальцы. Но на исходе Ледникового периода появились первые сапиенсы. Их мозг был меньше, чем мозг неандертальца, но их популяция быстро росла. 35 тысяч лет тому назад население «Европы сапиенсов» составляло от 1 до 5 миллионов человек. Общее число одновременно живущих неандертальцев не превышало 10–20 тысяч. При всей приблизительности цифр население сапиенсов в десятки, если не в сотни раз превышало население неандертальцев. Скрещивание двух форм человека произошло на поздней стадии Ледникового периода. Примерно в это же время появились первые наскальные рисунки. Можно допустить, что примерно 35 тысяч лет тому назад произошли такие изменения человеческого мозга, результатом которых стало появление сознания. Эти изменения связаны не столько с объемом мозга, сколько с конфигурацией ассоциативных нейронов, степенью разветвленности дендритов и насыщенности синапсов.

**Таким образом, 35 тысяч лет тому назад мозг внезапно и, возможно, случайно приобрел конфигурацию, способную резонировать со всей символической структурой реальности.**



Роджер Пенроуз считает, что нелокальность и квантовая когерентность могут объяснить нам то, как работает мозг, а «невывислительный» характер процессов сознания может быть связан, по его мнению, с эффектом своего рода резонанса — коллапсом волновых функций. Каким бы ни был механизм сознательной деятельности, его суть сводится к тому, что сознание производит чувственную реакцию на символические структуры. Это чувственное восприятие описывают как озарение, вдохновение или прозрение. Это яркое и эмоциональное ощущение сопровождается обнаружение символа сознанием — осознание символа. Осознанный символ — это такая вещь, которая неотделима от акта сознания, как звук неотделим от его восприятия. Органы чувств обладают способностью обнаруживать те или иные сигналы. Они функционируют каждый сам по себе. Как тут не вспомнить повесть Гоголя, в которой нос коллежского асессора Ковалева разгуливает по Санкт-Петербургу совершенно самостоятельно. Именно так. Каждый орган чувств сам захватывает, преобразует сигнал и посылает его в мозг. Мозг обрабатывает сигналы, поступившие от органов чувств. Мозг есть в высшей степени реактивная вычислительная матрица. В ней формируются петли обратного влияния, которые порождают и поддерживают рефлексы. В ходе эволюции протокол взаимного влияния сигналов в структуре мозга изменялся, изменялась и конфигурация нейронов. В силу стечения обстоятельств однажды мозг приобрел «осознанность» — способность различать и выявлять символы.

**Мозг, став органом чувственного восприятия символической реальности, порождает «внезапное» новое качество — разум.**



Прав был Жак Лакан, когда заметил, что

*«символ сделал человека человеком».*



Сигналом этой радикальной трансформации стал факт появления первых наскальных рисунков и первой пиктограммы — зарубок на кости волка.

Люди эпохи палеолита начали рисовать и выцарапывать в камне фигуры лошади, рыб и охотников.

☞ **При переходе от символической звуковой волны к символу на камне происходит революционное уплотнение сознательного символического слоя.**

От этой символической революции берет начало древнейший культурно-исторический период в развитии человечества, известный как каменный век. Его манифестацией стали орудия труда и оружие, изготовленные главным образом из камня. Но первопричина появления каменных инструментов — в революционном характере развития логического мышления.

☞ **Катализатором развития логики стало соединение символа с веществом.**

Пиктографическое сообщение открыло возможность фиксировать ход мысли от идеи к идее. Потом произошел переход к письменности, к «записи слов» — литографии. В Китае это случилось по меньшей мере 5 тысяч лет назад. Знаки, возникшие как картинки, стали обозначать слова, затем — звуковые единицы. Основной единицей в китайской письменности стало слово. Слова складывались из слов. Так «дерево + дерево + дерево» = «лес», «солнце» + «луна» = «яркость», «восток» + «восток» = «езде», «рука» + «глаз» = «взгляд». Каждый символ имеет смысловое значение. Это создает высокую символическую плотность китайского письма.

Альтернативный принцип письменности — алфавит. Алфавит появился на побережье Средиземного моря. К востоку лежала Месопотамия со своей тысячелетней клинописной системой письменности. На юге был Египет, где развивалось иероглифическое письмо. Можно представить себе, какой виденет из символов царил в головах средиземноморских элит.

Из этого «кипящего бульона знаков» и возник алфавит. Его предшественник — абджад — представляет собой письмо без гласных знаков. Такая письменность использовалась на Ближнем Востоке примерно 3500 лет назад. Примерно 3000 лет назад эта письменность была заимствована финикийцами. Греки совершили критическое преобразование. Они изобрели настоящий алфавит. Алфавит — это греческая идея. Во всех языках на земле алфавит обозначен одним и тем же словом — «alphabet». Алфавит распространялся как инфекция. Эта новая технология письма была и вирусом, и его переносчиком.

Благодаря письменности появилась возможность рассуждать о рассуждениях. Сама по себе эта возможность замкнула языковую систему. Теперь язык сам по себе стал объектом реальности.

### **Письменность сделала язык сам по себе объектом реальности.**



Теперь модели поведения могут складываться в языке, объединять намерения и действия людей. Через действия людей язык, как объект реальности, сталкивается с окружающим физическим миром. В ходе столкновений языка и реальности изменяется не только язык, но и окружающая реальность. Наряду с волновыми качествами языка стали усиливаться его корпускулярные свойства. Речь разделилась на фрагменты, фрагменты — на фразы, фразы — на слова, не нарушив связности речи. Это как «след из хлебных крошек». Такая дискретная непрерывность языка напоминает корпускулярно-волновое поведение квантовых частиц. И это позволяет думать, что логика языка есть естественная логика вещей — квантовая логика.

Следующим шагом сцепления языка, как символического объекта, с вещественной реальностью стало изобретение книгопечатания. Произошло соединение буквы (символа) с бумагой (вещественный носитель символа) посредством технологического процесса — книгопечатания. В XVII веке эффект, произведенный печатным станком Гутенберга, был оценен и точно, и объективно. Так, английский философ-материалист Томас Гоббс писал:



*«Изобретение печати, пусть и гениально, но по сравнению с изобретением букв ничтожно».*

В XX веке эффект, произведенный открытием книгопечатания, был осознан в полной мере как революционный переворот, изменивший не только язык, но и окружающую реальность. В своей книге «Галактика Гутенберга» (1962) Маршалл Маклюэн со ссылкой на аббата Пэйсона Ашера замечает, что



*«книгопечатание в большей степени, чем любое другое достижение, является водоразделом между средневековой и современной технологией».*

И далее поясняет:



*«Печатный текст был не только первой массово производимой вещью, но и первым однотипным и воспроизводимым „товаром“. Конвейер движущихся литер сделал возможным унифицированный и воспроизводимый (как в научном эксперименте) продукт, о чем в связи с рукописью нельзя было и помыслить. Еще китайские печатники в восьмом столетии считали воспроизводимый характер оттиска „магическим“ и использовали его как форму, альтернативную молитвенному колесу».*

Следующая символическая революция совпала с эпохой Возрождения. Символические знаки стали применяться к математическим операциям. Этот процесс достиг своего взлета, когда появилось дифференциальное исчисление.

Ньютон заметил, что наиболее простая форма отношений между параметрами системы возникает в том случае, когда используются не столько сами физические величины, сколько скорость изменения физических величин. В 1670–1671 годах Ньютон подготовил к изданию работу «Метод флюксий и бесконечных рядов». Издателя найти не удалось: в то время, как и сегодня, книги по математике приносили убыток.

В 1676 году Лейбниц выработал первые основания своего великого математического метода, известного под названием

«дифференциальное исчисление». Лейбниц с юности мечтал создать символический язык, знаки которого отражали бы целые сцепления мыслей, давали бы исчерпывающую характеристику явления. Дифференциальное исчисление Лейбница находится в теснейшей связи с его позднейшим учением о монадах — бесконечно малых элементах, из которых он пытался построить Вселенную. Лейбниц оперирует знаками как реальными объектами, носителями которых является не столько вещество, сколько процесс или операция. Проявляя себя в изменении параметров, процесс или операция выступают в роли носителей символических знаков (дифференциалов), включенных в системы дифференциальных уравнений.

Сегодня мы на пороге новой революции. Сращивание символического и вещественного переходит на новый уровень с появлением информационных технологий. Создание квантового компьютера завершит этот переход, и мы окажемся в новой символической реальности. К этой новой реальности следует начинать готовиться. И прежде всего следует изменить отношение к символам. Символ надо воспринимать как объективную сущность, не менее реальную, чем элементарные частицы вещества или кванты действия. Жиль Делёз обнаруживает реальность символов в слове и в языке. Слова выявляют потенции и образуют «вещь». В сборнике «Критика и клиника» он пишет:

*«Предел языка — это вещь в своей немоте: видение.  
Вещь — это предел языка, как знак — язык вещи...  
Ибо нет никакой вещи там, где не хватает слов».*



## СЛОВО — ОСОЗНАННЫЙ СИМВОЛ

В Древней Греции «symbolon» — опознавательный знак. Монету или кусок кости разламывали и часть ее передавали незнакомым людям, чтобы они, встретившись, могли распознать друг друга, чтобы отличать своих от чужих.

Знак предназначен для хранения и передачи информации. Состоя в близком родстве со знаком, символ все-таки не знак. Как и знак, символ производится в процессе обозначения чего-либо кем-либо. Но далее, в отличие от знака, символ предполагает интерпретацию как-то и кем-то. Оба процесса — означаемое и означающее — связаны между собой. Эта связность указывает на то, что символ содержит не только означающее и означаемое, но еще ядро — сердцевину символа, — логическую нить, которая соединяет символ со всей символической структурой реальности.



**Символ есть элементарная частица смысла, встроена в сеть символов.**

Язык есть символическая структура. Комбинация слов может содержать и выражать информацию. Посредством слов человек может оформить и выразить довольно сложные мысли. Другой человек смысл слов может понять. Что значит понять? А это значит интерпретировать — выбрать тот смысл, который будет в ладу с опытом, с окружением и с намерением человека. У одного и того же словесного утверждения может быть множество значений. Язык неоднозначен. При передаче информации посредством слов смысл и значения информации зависят от ее интерпретации. Отсутствие четкости в естественном человеческом языке оказывается полезным преимуществом. Оно обеспечивает своего рода естественный отбор смыслов и эволюцию мысли.

Этот механизм передачи смысловой информации сродни гендерному механизму передачи наследственной информации. Успешная бактерия, размножаясь бесполом путем — почкованием, передает потомству точную копию своего генетического кода. Но если окружение изменится, бактерия внезапно оказывается во враждебном окружении. Ее потомку, в точности похожему на нее, теперь будет сложно выжить.

Единственный способ адаптации для бесполой бактерии — мутация, вызванная репродуктивной ошибкой или вредными факторами окружающей среды. Если бы мутации были целенаправленными, тогда другое дело. Случайные же мутации по большей части своей неудачны, и они делают бактерию еще менее успешной. Но если гены организма смешиваются с генами партнера, то их потомок получает новый набор генов. Этот процесс называется рекомбинацией. Рекомбинация генов приводит к большой изменчивости, и при этом поддерживается генетическая целостность.

Появившись на свет, человек научается дышать, пить, есть, ползать, ходить и говорить. До сих пор, строго говоря, непонятно, каким образом за первые четыре года человек научается языку. Все попытки воссоздать логику начального освоения языка пока были безуспешны. Можно допустить, что освоение языка повторяет путь формирования языка. Но логика этого процесса нам неизвестна. Слабость нашего логического аппарата создает впечатление, что в языке исключений из правил больше, чем правил. На первый взгляд язык кажется довольно бессистемным. Но при внимательном рассмотрении в языке обнаруживается на удивление устойчивая к внешним возмущениям структура. Лингвисты это давно заметили.

Американский лингвист, этнолог и антрополог Эдвард Сепир в 1921 году писал о системе «символических атомов», формирующих язык:

*«Язык как некая структура по своей внутренней природе есть форма мысли».*



Из этой изящной формулировки трудно извлечь практическую пользу. Поэтому Клод Эвуд Шеннон, которого называют отцом современных теорий информации и связи, упростил модель языка: язык — это форма сообщения.

«Сообщение» — гибкий и очень старый термин. Еще в XVI веке сэр Томас Элиот заметил, что

*«для обоюдных договоренностей или соглашений, переданных письмом или поручением, используют элегантное слово — [сообщение]».*



Но, самое главное, Шеннон не просто использовал «элегантное слово», он его переосмыслил, буквально «лишил смысла»:



«Смысл сообщения обычно не имеет значения».

Это упрощение оказалось эффективным для «счетного» подхода к языку. В каждом языке есть определенная статистическая структура. Языковая структура имеет некую степень избыточности. Избыточность языка не случайна. Она служит предупреждению возможных ошибок и повышает надежность передачи сообщения.

Все естественные языки избыточны. Величина избыточности разных языков мира колеблется в пределах 70–80%. Типичные тексты могут быть сокращены на треть без потери информации. Благодаря избыточности языка люди могут вести разговор в шумном месте или понимать написанный с ошибками текст. Именно такую избыточность языка иллюстрирует знаменитое объявление, появившееся в нью-йоркском метро в 1970-х годах:

*«if u cn rd ths  
u cn gt a gd jb w hi pa!»\**

Структура языка не исчерпывается его статистической составляющей. Смысловая структура языка проявляет себя в поэзии. Рифма и размер помогают людям запомнить текст, его смысл и форму. И это свидетельство того, что язык обладает формально-смысловой структурой, но у нас еще нет того логического инструмента, который позволит эту структуру описать.

---

\* Полный текст: «If you can read this message you can get a good job with high pay!» (Если вы можете прочитать это сообщение, вы можете получить хорошую работу с высокой оплатой!).

## СИМВОЛИЗМ В ИСКУССТВЕ

Олеся Строева в книге «Искусство и философия» пишет:

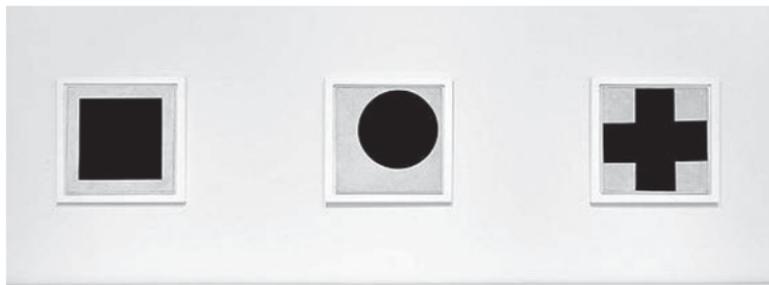
*«Знак превращается в художественный символ, если у него появляется много означаемых, где часть равна целому, а целое не равно части. Когда сама форма знака порождает новые и новые смыслы в сознании зрителя, начинается по определению Х.-Г. Гадамера „прирост бытия символа“».*



Есть простые функциональные знаки. Например, дорожный знак «стоп» в виде красного прямоугольника на белом фоне всегда понимается водителем как «проезд запрещен». «Черный квадрат» Малевича по своей форме не намного сложнее дорожного знака «стоп». Та же простая геометрическая форма, чистый цвет на белом фоне. Однако он породил и порождает множество смыслов и интерпретаций.

Простота формы не исключает сложности смысловых конструкций, коль скоро простой знак становится символом. Первые орнаменты, появившиеся в доисторические времена, служили не просто декорацией вещей и предметов, но служили в первую очередь символами, оберегающими и защищающими от внешних угроз. По этой причине орнаменты наносились по краю одежды, чтобы уберечься от злых духов, способных добраться до тела.

На кухонной утвари с древних времен распространяются символы, связанные с культом плодородия, благополучия и достатка:



Казимир Малевич. Черный квадрат, круг и крест

квадрат с точкой — засеянное поле,  
два овала — овы, то есть гениталии быка,  
диагональные линии — дождь,  
изображение глаза — оберег от сглаза.  
Квадратный меандр — стихия воды или течение времени.

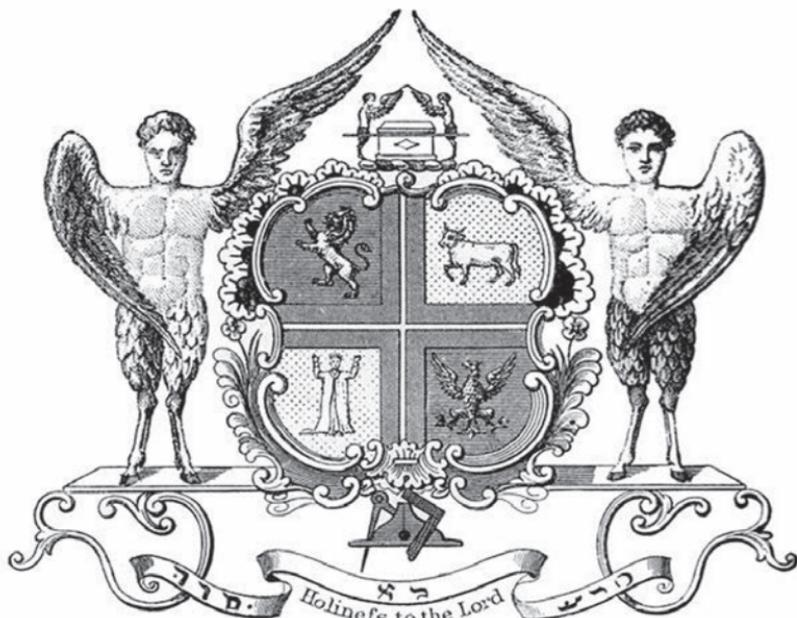
Геометрические фигуры стали символами принципов мироустройства:

круг — небо, всеобщее начало, мироздание, бесконечность;  
квадрат — женское начало, земля, покой;  
треугольник — мужское начало, огонь, движение, дух, прогресс;  
перевернутый треугольник — деградация;  
звезда Давида — объединение двух тенденций;  
пятиконечная звезда — человек;  
крест — мировая ось или древо, соединяющее миры;  
свастика — вращение солнца или луны.

Христианское искусство активно использовало архаические знаки, наделяя их новым значением. В период раннего христианства во времена гонений на территории Римской империи символы были тайными. Например, Иисус изображался в виде рыбы, так как акроним имени Христа по-гречески созвучен со словом «ихтис», то есть рыба. Псевдо-Дионисий Ареопагит в IV веке разработал основные живописные каноны, которые практически не менялись в ортодоксальной традиции иконописи. Сразу же была определена символика цвета:

вишневый — цвет Христа,  
голубой — небо,  
красный — кровь, огонь,  
зеленый — обновление,  
белый — Бог,  
черный — тайна.

Интересный символ, встречающийся практически у всех народов, — тетраморфы (буквально «четыре формы»). Эти



*The Arms of y<sup>e</sup> most Ancient & Honorable Fraternity  
of Free and Accepted Masons*

животные означали в архаике четыре стороны света: например, в Шумерах это были лев, орел, петух на быке, в Китае — дракон, феникс, черепаха, единорог. Уже начиная с палеолита было зафиксировано использование лунного календаря с обозначением месяцев, дат и символов животных, поэтому знаки зодиака (Zoe — жизнь, diakos — колесо или змея, кусающая себя за хвост) — это архаическая форма космогонии, отражающая цикл смерти и возрождения. В христианстве тетраморфы символизировали евангелистов:

Марк — лев,  
 Матфей — ангел,  
 Лука — телец,  
 Иоанн — орел.

Средние века — расцвет символизма. К одним из самых популярных легендарных зооморфных символов Средневековья относится единорог. Об этих животных писал Юлий Цезарь в «Галльской войне», еще раньше упоминал Ктесий

Книдский в V веке до н. э. Изображения единорогов украшают собор Св. Марка в Венеции, а также многочисленные gobелены были посвящены сценам охоты на этого зверя. По легенде, подманить единорога могла только невинная девушка, которую посылали в лес, пока охотники прятались в засаде. Несмотря на то что единороги считались священными, многие охотились за их рогами, а сцены с единорогами вышивали на тканях.

В храмовой архитектуре большую роль играл символ Троицы: три портала, три окна, три нефа, трилистники в окнах-розетках и т. д. Треугольная форма собора означала духовный прогресс, или огонь, пламя свечи. Соединение круга и квадрата в планировке храмов символизировало небесное и земное начало, также и восьмерики баптистериев олицетворяли переход от квадрата к кругу, баланс мирского и духовного. Кроме официальной универсальной символики появилась специфическая символика монашеских орденов, а также тайных оккультных орденов. На гербе францисканцев — две руки и крест, у бенедиктинцев — крест в круге, у доминиканцев — собака, у тамплиеров — рыцарь с красным крестом. Алхимики, представители герметической традиции, использовали собственные знаки химических элементов, соответствующих планетам. Главным же символом алхимии была «квадратура круга» — круг, вписанный в квадрат.

Масоны — союзы вольных каменщиков — использовали знак циркуля и линейки с буквой G (геометрия). Розенкрейцеры носили крест с розой, распятой на нем, что олицетворяло кровь Христа, а золотая сердцевина цветка соответствовала духовному золоту, скрытому в человеческой природе. Каббалисты использовали девятиконечный крест со змеей, что иллюстрировало их концепцию устройства мироздания из девяти сфер и постижение тайного знания. Таким образом, Средневековье произвело цепную реакцию. Символы производились настолько интенсивно, что человеку стало не под силу проникаться их смысловыми ассоциациями и средневековый символический вал захлебнулся.

Возрождение прервало этот символический поток. В эпоху Ренессанса средневековые символы словно окаменели. Знаки геральдической, аллегорической, эзотерической



*Соединение круга и квадрата*

и алхимической символики Средних веков смешивались и теряли свою направляющую силу. Символизм переживал эпоху декаданса.

Аллегория — абстрактный и рациональный формат символизма, стал популярен в эпоху Возрождения. Так, у Тициана в картине «Благоразумие» три возраста представлены в виде животных: лев, собака, гиена. У Джорджоне на полотне «Гроза» молния, ручей, две колонны олицетворяют конфликт и разрушение целостности. Триптих Босха «Мир — стог сена» — это картина общества, где каждый хватается, сколько сможет. Аллегория создает поверхностную связь образа и значения, так как идея не ассимилируется в образе. Эта связь между формой и содержанием устанавливается исходя из идеологического контекста.

В период Нового времени символизм перестал быть актуальным, однако представители романтизма XIX века были

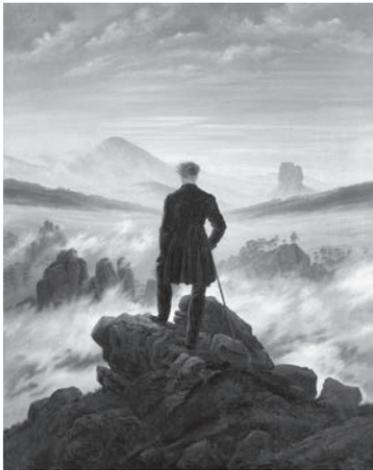
склонны к пересозданию действительности в своих произведениях. Желание воплощать идеалы нередко порождало условность форм, фантастику, гротеск и, как результат, символику. Эстетика романтизма была реакцией на Просвещение и рационализм, поэтому стремилась возродить идеи христианской креативности и символизма Байрона, Гюго, Скотта, а также художественное воплощение романтизма в музыке Бетховена, Шуберта. Оперная реформа Вагнера привела к созданию особого типа романтического героя, страдающего от разочарования в обществе, живущего высокими чувствами и благородными порывами. Художники-романтики вновь обращались к мифологии, библейским сюжетам, а также пытались передать мистическую беспредельность мироздания. Уильям Блейк, поэт, художник и мистик, оказавший влияние на префаэлитов и хиппи, выразил идею романтизма в следующих строчках:



*Увидеть мир в одной песчинке,  
И космос весь — в лесной травинке,  
Вместить в ладони бесконечность,  
И в миге мимолетном вечность!*

В этом духе Каспар Фридрих, один из самых интересных представителей немецкого романтизма, писал масштабные пейзажи с грандиозными видами горных ландшафтов или ледников. Его символизм проявлялся в сопоставлениях грандиозности природы и ничтожности человека, которого он изображал всегда только со спины, представшим перед лицом великого мироздания. Картины Фридриха можно рассматривать как антитезу типу ренессансной композиции, где человек всегда обращен лицом к зрителю, возвышен и превознесен над природой на заднем плане. Великим испанским романтиком был Гойя, приобретший известность благодаря серии карикатур «Капричос» — социально направленного гротеска. Делакура, виднейший представитель французского романтизма в изобразительном искусстве, создал символический образ революции в картине «Свобода на баррикадах».

В начале XX века Даниил Хармс очень точно выразил установки всех авангардистов:



Каспар Фридрих.  
«Странник над морем»  
(1817–1818)

Эжен Делакруа.  
«Свобода на баррикадах» (1830)

*«Мир стал существовать, как только я впустил его в себя. Я стал приводить мир в порядок. Теперь моя забота создать правильный порядок. Я творец мира, и это главное во мне».*



Каждый «модернист» стремился создавать свою собственную систему ценностей, выраженную в новых знаках и символах. Малевич так и говорил:

*«Я делатель новых знаков».*



Каждое художественное направление авангарда представляло собой уникальную символику, которую приходилось объяснять в специальных манифестах.

В целом можно сказать, что время универсальных символов в искусстве закончилось в эпоху модернизма. Массовая культура использует символы разного происхождения, причем их исходное значение утрачивается. Самыми эффективными символами, которые «берет на вооружение» массовая культура, являются те, что вышли из древнейших пластов человеческой культуры.

Из архаических остатков коллективного бессознательного, Юнг выделял такие образы, как анима и анимус, тень, трикстер, возрождение, младенец, дева, мать-земля, архетип

*Лис Ренар,  
изображенный в детской  
книге Мишеля Роданжа  
(1869)*



героя. Архаический миф об умирающем и воскресающем боге справедлив для всех мифологий. Первый культ древних людей был связан со сменой времен года, умирание и воскрешение природы ассоциировалось с цикличностью жизни, постоянным возвращением в одно и то же состояние, поэтому библейский рассказ о Христе — повторение этого мифа в новом контексте.

Архетипическим смыслом обладают и геометрические формы, на основе которых создается дизайн логотипов многих компаний в современном мире. В большинстве случаев это происходит бессознательно. Например, квадрат ассоциируется со стабильным женским началом, с домом, землей, покоем. Эта фигура интуитивно выбирается людьми, стремящимися к стабильности. Круг как символ времени и года чаще всего используется для глобальных, связанных с международной деятельностью всемирного масштаба и религиозных знаков. Треугольник как символ динамического начала — самая распространенная форма в логотипах агрессивных и проактивных компаний.

Тоталитарные режимы, возникшие в XX веке, очень серьезно относились к выбору своей символики. Символом эпохи социализма была пятиконечная звезда, потому что она обладает архаическим смыслом борьбы и возрождения и новым значением рождения советского человека. Гитлер использовал не менее мощный по воздействию древний символ — свастику, также его называют «гаммадион». В странах индуизма этот знак играет

ту же роль, что и крест в христианской культуре, и часто используется в украшениях.

Загнутые концы символизируют движение Солнца, если они направлены направо, и движение Луны, если они направлены в левую сторону. Гитлер привлек к разработке нацистской символики ученых-культурологов, исследователей арийского наследия. Специально для фюрера была создана «гиперборейская теория», которую нацисты взяли за основу своей идеологии.

Одним из самых известных теоретиков, возглавлявших общество «Наследие предков», был филолог и культуролог Герман Вирт. Он разрабатывал теорию Гипербореи, страны, которую ассоциировали с севером Европы, откуда пришли голубоглазые светловолосые высокие люди арийского типа, они принесли в Европу древнюю цивилизацию. Свастику Герман Вирт ассоциировал с белым Христом Северной Европы.

Проторунические знаки Вирт ассоциировал с летним и зимним солнцестоянием, весенний и осенний знаки при сочетании дают руну «хагель», которая означает полный цикл возрождения и смерти, она похожа на снежинку, что отсылает к северному климату. Этот знак встречается во многих культурах, например похож на шумерскую пиктограмму Бог, а также славянскую Ж (живёте), в результате чего Вирт сделал вывод, что весь германский рунический алфавит («футарк») использует проторунические знаки.

Посмотрите на знаки современных валют. Многие из них были заимствованы из рунических знаков. Например, знак Йены Y — это и есть руна с поднятыми руками, символизирующая возрождение. Вирт объяснял происхождение знака доллара, одного из основных знаков современности, образом лебеда. Он считал, что латинская буква S произошла от символа лебедей, которые были запряжены в лодку Аполлона, главного представителя солнечного культа, олицетворения Сына Божьего, а также образа благоденствия, вечной молодости и красоты.

А вот пацифистский значок хиппи повторяет руну «юр», вписанную в круг, что есть символ Сына Божьего с опущенными руками или корней мирового древа, это означало у древних германцев смерть, увядание, связывалось с покоем и пассивным началом. Очень многие современные знаки используют символ

круга, поскольку, с одной стороны, он самый гармоничный для восприятия, а с другой, наша планета движется по кругу, соответственно, и наше восприятие времени не изменилось, мы подсознательно проходим круговой цикл смены времен года, где справедливы тенденции умирания и возрождения. Значки немецких автомобильных компании-гигантов BMW и Mercedes очень похожи на руны «юр» в круге, которая несет определенный архетипический смысл, хотя сама история создания этих символов напрямую никак не связана с гиперборейской теорией.

Гиперборею греки называли «садом Гесперид», там росли молодильные яблочки, дающие вечную молодость и красоту, что также часто ассоциировалось с раем, поэтому имя Аполлон и английское слово «apple» имеют один корень. Таким образом, символ яблока — один из древнейших. С распространением христианства яблоко стало олицетворением запретного плода, символом искушения, а затем с развитием науки появилось еще одно значение — яблоко Ньютона. И неслучайно одна из самых успешных компаний мира компания Apple использует имя и знак яблока. Сначала этот символ разрабатывался со значением ньютоновского яблока (первый логотип 1976 года даже изображал Ньютона под деревом), потом знак упростился до надкушенного яблока, что аллегорически отсылает к библейской истории. Но в целом название



*Эволюция логотипа Apple*



*и ассоциация его с картиной Рене Магритта*

Логотипы,  
наполненные  
архетипическим  
смыслом



GIVENCHY



Apple имеет и более древний, позитивный архетипический смысл, что, возможно, интуитивно почувствовал создатель компании Стив Джобс. Он сам был человеком, склонным к мистицизму, и в своих выступлениях призывал прислушиваться к внутреннему голосу, следовать своей судьбе, полагаться прежде всего на внутреннее чувство интуиции, позволившему и ему самому добиться грандиозных успехов. Рене Магритт в своей картине «Сын человеческий» использовал яблоко как символ Адама; существует шуточная версия этой картины, где на месте человека в черной шляпе Стив Джобс, а перед ним — знаменитый символ его бренда.

Древние орнаменты изначально несли смысловую нагрузку и не были чисто декоративными элементами. Реверс (зубчатый орнамент) и греческий меандр, который обозначал водную стихию, сейчас чаще используются компаниями, связанными с модой, как, например, Givenchy и Versace, вместе с головой Медузы Горгоны.

Одним из самых распространенных архаических символов был также оберег, изображавший глаз. Иероглиф «глаз Гора» — визитная карточка Древнего Египта — обозначал небесную защиту, охранительный амулет. Особенно узнаваемым знак глаза стал благодаря политической тайной организации масонов, символ пирамиды со всевидящим оком используется сейчас на долларовой банкноте. Глаз часто встречается и в логотипах телевизионных компаний, заимствовавших идею соединения глаза и земного шара у Рене Магритта. Зооморфные знаки также популярны в современной культуре. Лев является символом Венеции, так как мощи Святого Марка хранятся в соборе Сан-Марко на главной площади города, а по легенде венецианские купцы спасли мощи евангелиста от сарацинов и вывезли со Святой земли. На знаменитом кинофестивале в Венеции вручается статуэтка крылатого льва, символа чисто христианского, однако имеющего шумерские корни (крылатые

быкии львы украшали дворцы правителей Древней Месопотамии). В соответствии со средневековыми bestiариями сова, как ночная птица, причислялась к нечистым животным, так как в шумеро-акадской мифологии сова была атрибутом демоницы Лилит, привидения ночи, уничтожавшей детей. Однако в греческой мифологии сова олицетворяла Афины, поэтому приобрела значение мудрости.

Точно соответствует своему архаическому и христианскому символу знак журнала «Playboy» — кролик, так как заяц относился к разряду нечистых животных в Средние века из-за своей способности размножения; египетский иероглиф зайца был связан с божествами Луны, отвечавшими за плодородие.

Проведя представленный выше исторический анализ, Олеся Строева приходит к заключению:



*«Человек как знаково-символическое существо с древних времен обозначал мир, наделяя магическими свойствами символы, которые сам же и создавал. Этот процесс продолжается и в современной массовой культуре, изменились лишь формы, содержание остается прежним».*

С другой стороны, мы являемся свидетелями формирования нового типа отношений человека и мира. Больше нет нужды в костылях для памяти. Да, наша память убога, а скорость обработки информации ограничена. Да, созданные нами машины и помнят, и обрабатывают информацию много эффективней. Отбросив логику, как костыль для памяти, мы можем получать удовольствие от дорефлексивного восприятия и обмена знаками, сводимых к пиктографии.



**В нашем мире появляется новый Бог — искусственный интеллект.**

Самая большая ценность глобальной информационной сети в том, что она способна удерживать в памяти и молниеносно извлекать связи и отношения. Законы и алгоритмы теперь работают на новом, более абстрактном уровне. В этой

новой системе координат между Примитивизмом и Логосом человеку необходимо придумать, изобрести и сотворить новую символическую среду, в которой комфортно существовать. Нельзя исключить возможность того, что, как и в архаические времена, Логос станет уникальной особенностью элитарного круга избранных носителей культуры и техники моделирования и программирования все более абстрактных и тонких уровней реальности, через которые можно формировать простые и грубые ее части.

## ПИСЬМО И СИМВОЛ

Язык — это универсальная система логографических знаков, непохожих на реальность, но по договоренности людей (конвенции) всегда имеющих конкретное значение.

В архаические времена наскальная живопись и была письмом. Однако постепенно произошло разделение между письмом и изобразительным искусством. Первые шумерские письмена появились примерно 3500 лет до н. э. Олеся Строева в книге «Искусство и философия» указывает на то, что сначала картинки изображали реальные предметы, которые они и означали, напоминая собой детские рисунки или смайлики в смартфонах. Но по мере развития значки все меньше походили на свои предметные прообразы. Так возникла клинопись — особая форма написания символов. Но это еще не было фонетическим письмом, поскольку каждый знак соответствовал не звуку, а сначала целому понятию, затем отдельным слогам. Письменные клинописные таблички ассирийцев и вавилонян требуют расшифровки, так как невозможно догадаться о значении символов только по начертанию. Процесс усложнения письменности способствовал тому, что искусство письма стало доступно только элите, жрецам и аристократам, приобретая характер тайнописи.

ЗНАЧЕНИЕ	Контурный символ 3500 лет до н. э.	Клинопись 2500 лет до н. э.	Ассирия 700 лет до н. э.	Поздний Вавилон 500 лет до н. э.
1. Солнце				
2. Бог, небеса				
3. Гора				
4. Человек				
5. Бык				
6. Рыба				

Также и египетские иероглифы прошли путь от простых пиктограмм до идеограмм. Например, иероглиф-пиктограмма круг с точкой сначала означал «солнце», но став идеограммой или логограммой, начал означать более общие понятия «день, свет, время». Рисунок горы из своего конкретного значения эволюционировал в понятие «чужая страна». Иероглифы за 2 тысячи лет до н. э. уже разделились на два вида идеограмм: логограммы и детерминативы, что свидетельствует о сложной системе грамматических структур и смысловых взаимосвязей. Так, глагол «говорить» изображался в виде сочетания змеи и руки. Логограммы постепенно стали фонетическими, обозначая ряд слогов, но гласные никак не передавались на письме. Впоследствии буквы, соответствующие отдельным звукам, произошли от логограмм. Детерминативы появились в поздний период, они добавлялись к другим пиктограммам, дополняя или меняя их значение. Например, для обозначения женского или мужского рода к основному смысловому иероглифу добавлялась фигурка мужчины или женщины.

Греческая письменность Крита имела также характер пиктограмм и иероглифов, не являясь фонетическим алфавитом, поэтому греки позаимствовали систему букв у финикийцев. Финикийский (прасемитский) алфавит оказался родоначальником греческого, латинского, арамейского, арабского и еврейского алфавитов. Греки добавили в него гласные и несколько



Фрагмент древнеегипетской стелы 31 664 из Field Museum of Natural History (Чикаго) эпохи Среднего царства.

Читать следует справа налево

согласных, а также поменяли направление написания текста на бустро-федонный способ, что буквально значит «как бык пашет поле», то есть они писали в двух направлениях: справа налево и слева направо. Финикийцы писали справа налево, что сохранилось у арабов и евреев по сей день, а слева направо стали писать римляне и затем — все европейцы.

Современная логография формировалась постепенно в ходе структурирования грамматики и разделения на субъект-предикатные отношения. Далее логоцентрическое мышление получило свое полноценное выражение в аналитической грамматике и письменности европейских языков, являясь антитезой синкретического инкорпорированного строя языка и пиктографии архаического мифологического типа. Например, фраза «я иду на улицу» раскладывается на подлежащее, сказуемое и дополнение, это значит, что выделяется субъект и его признак, причем грамматическая форма глагола характеризует субъект как первое лицо единственного числа. В инкорпорированном же варианте эта фраза могла бы звучать так: «менянаружухождение», и ей бы соответствовали пиктограммы, в которых в синкретической форме сразу бы выражался весь смысл. Таким образом, логоцентрическое мышление отличается от дологического тем, что оно структурирует мир, систематизирует его и анализирует, «раскладывает по полочкам».

По-гречески Логос буквально переводится как «слово», но философская категория имеет намного более объемный смысл. Логос упоминается у Гераклита как универсальный закон разнообразия космоса, а также вовлечение человека в процесс преобразования хаоса в космос. Уже у Платона Логос стал инструментом разума (как возникшего колесницы души), а у Аристотеля еще более сузился до силлогизма и принципа разумности. Стоики же вновь рассматривали Логос как разумно-творческую эфирно-огненную субстанцию, а Плотин — как силу мировой Души, которая, подражая эйдосам, творит чувственный космос и управляет им.

Представляется, что Логос сегодня обрел виртуально-онтологическую форму — это глобальный искусственный разум информационного поля. И в условиях этой виртуальной матрицы пользователь Сети перекладывает свои разумные функ-

ции на технологию. Возможно, пиктографию тогда следует рассматривать как симптом начала замещения человеческого логоса виртуально-технологическим? Тогда нам следует констатировать факт частичного разрушения логоцентрической модели письменности, что заметно не только по более частотному употреблению пиктограмм, но и в целом упрощению грамматических и орфографических структур, отсутствию пунктуации в современном письменном языке электронных сообщений и высказываний в социальных сетях.

## СИМВОЛ И СЧЕТ

Существует много разных логик. Естественная логика языка не отличается четкостью. Между тем, практическая деятельность всегда содержала потребность четкой передачи информации, когда информацию можно интерпретировать только так и никак иначе. Эта потребность была тем основанием, на котором появился и оформился особый математический язык. Математический язык отличается от естественного тем, что его логика четко и явно определена.

На Земле люди говорят на разных языках. Каждая народность имеет свой язык. Известно более двух тысяч языков. Но есть универсальный язык — это язык математики. Символика математического языка во всем мире одна и та же. Любая формула, любое математическое выражение, записанное при помощи цифр и знаков действий, имеет одно и то же значение в любой точке мира. Уильям Томсон, лорд Кельвин, заметил:

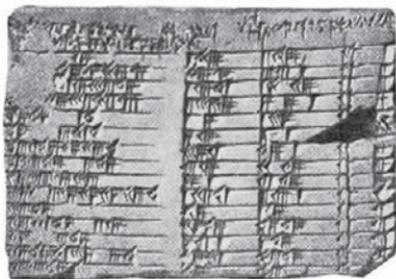


*«Когда вы можете измерить то, о чем говорите, и выразить это в числах, вы что-то знаете об этом; но когда вы это измерить не можете, когда не можете выразить это в числах, ваши знания незначительны и неудовлетворительны: они могут быть началом знания, но в своих мыслях вы едва ли достигли начальной стадии в науке».*

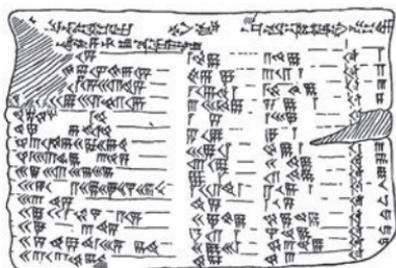
Первые математические знаки — зарубки, сделанные кремниевым ножом на лучевой кости волка, — появились в эпоху палеолита, более тридцати тысяч лет тому назад. Четкий формат передачи информации начинался со счета. По-латыни «calculus» значит «галька, камешек». И первыми носителями четкой информации были царапины на кости и пригоршня камешков. Элементы таких множеств похожи один на другой, как две капли воды.

Считать люди научились раньше, чем научились писать. При счете, видимо, очень долго обходились цифрами 1 и 2. Число 3 появилось позднее. Спустя время появились и другие числа —

Один из образцов вавилонской математической записи



Пояснительная перерисовка записи



первые математические знаки. Первоначально использование математических знаков было ограничено узким кругом задач счета и учета. Со временем математические знаки проникали во все сферы познавательной деятельности людей. И не в последнюю очередь в сферу учета долгов и начисления податей. Люди не могли не открыть, что манипуляция абстрактными и эфемерными цифрами ведет к приросту самого что ни на есть материального состояния. Постепенно складывался универсальный символический вычислительный язык.

Счет стал самой древней деятельностью, основанной на четкой логике. Первый логический шаг — выделение одного предмета из группы предметов. Второй шаг — выделение двойственности, осознание парности. Открыв понятие «пары», человек получил три числовых понятия: один, два, множество. Тройственность есть начало, середина и конец, словом, всё. Не случайно троица стала «божественным началом».

Переход от логической нумерации, которая завершается числом три, к счетной нумерации множества чисел — это революционный шаг. Человек совершил его, наблюдая за небом, когда осознал четыре направления: в сторону восхода, на Восток; в сторону заката, на Запад; и еще два направления — Север и Юг. Тетрада завершает список архетипических чисел,

которым ставят в соответствие точку, линию, поверхность и тело. Нельзя не указать на то, что они производят декаду:

$$1 + 2 + 3 + 4 = 10.$$

Развитие счета идет не только благодаря астрологическому фактору, но также и при влиянии антропологического фактора. Первобытные племена могли начинать счет буквально на пальцах. Но вскоре пальцев рук и пальцев ног стало не хватать. Один из древнейших наскальных рисунков, датированный каменным веком, изображает ряд из 35-ти одинаковых палочек. Можно сказать, что одна палочка — это первый математический символ.

Хорошо, если число небольшое — десятки или в крайнем случае сотни. А если тысячи? И дело не в том, что в глазах рябит, а в том, что прочтение такого числа — подсчет зарубок или отметин — займет массу времени. И вот, более пяти тысяч лет назад, почти одновременно в Египте, Месопотамии и Китае родился новый способ записи числа. Суть его состоит в том, что позиция символа в записи числа имеет строго определенное значение.

Возьмем какое-нибудь число. Например, 193. Чтобы получить это число, надо сложить:

$$1 \text{ сотню} + 9 \text{ десятков} + 3 \text{ единицы} = 193.$$

Древние египтяне, как и мы сейчас, считали десятками. В Древнем Вавилоне считали не десятками, а шестидесятками. Например, число 193 в вавилонской системе означало:

$$3 \text{ шестидесятки} + 13 \text{ единиц} = 313!$$

О вавилонской цивилизации мы можем судить по хорошо сохранившимся глиняным табличкам, найденным в Уруке. Урук при царе-герое Гильгамеше (XXVII в. до н. э.) — крупнейший в мире город на берегу реки Ефрат. Когда найденные клинописные таблички были расшифрованы, ученые обнаружили, что в некотором смысле это был «мусор»: записки, контракты и законы, рецепты и счета. Никакой поэзии. На глиняных клинописных табличках сохранилось множество арифметических упражнений и финансовых расчетов. Уровень абстракции

арифметических понятий иллюстрирует вавилонская характеристика природы Гильгамеша:

*«Три четверти его — бог, одна треть — человек».*



Арифметика использовалась при обмене денег, при оплате товаров, при вычислении процентов, налогов и учете урожая. Геометрические задачи возникли в связи со строительством каналов, зернохранилищ и храмов. Очень важной задачей математики был расчет календаря. Календарь использовался для сельскохозяйственных работ и религиозных праздников. Деление окружности на 360 градусов и деление каждого градуса на 60 минут унаследовано нами от вавилонян.

Для записи чисел вавилоняне использовали всего два символа. Вертикальная черта означала единицу, а горизонтальная черта означала десять единиц. Черта выглядит как клин оттого, что вавилоняне писали острой палочкой треугольного сечения на сырых глиняных дощечках, которые потом сушили и обжигали.

В 1972 году стэнфордский ученый Дональд Кнут, один из первых специалистов в области вычислительной науки и техники, рассматривая старовавилонские таблички в Британском музее, увидел то, что смог описать алгоритмом:

*«Цистерна. / Высотой 3,20 и объемом 27,46,40 была выкопана. / Длина превышала ширину на 50. / Вы должны взять обратную величину высоты 3,20, получив 18. / Умножьте это на объем 27,46,40, получив 8,20. / Возьмите половину от 50 и возведите ее в квадрат, получив 10,25. / Добавьте 8,0 и получите 8,30,25. / Квадратный корень равен 2,55. / Сделайте две копии этого, добавьте к одной и вычтите из другой. / Вы найдете, что 3,20 — длина и 2,30 — ширина. / Вот порядок действий».*



Слова «Вот порядок действий» были стандартным окончанием, почти благословением. Вавилоняне умели естественно и непринужденно объяснить алгоритм на примере алгоритма.

Алгоритм записи натуральных чисел от 1 до 59 был таким: единица изображалась вертикальным клином  $\lrcorner$ , а десятка —





Поэтому нумерацию вавилонских математических текстов называют «шестидесятеричной нумерацией с неопределенностью позиции». Неудобство, вызываемое этой неопределенностью, всегда корректируется смыслом текста.

Впоследствии вавилоняне ввели специальный символ для обозначения пропущенного шестидесятичного разряда  $\nabla$ .

Например, число 3632 нужно было бы записать так:



Но в конце числа этот символ никогда не ставился. Неопределенность позиции в вавилонской нумерации отнюдь не принесла ей существенного вреда. Более того, с неопределенностью позиции теснейшим образом связано замечательное достижение вавилонской культуры — позиционная система дробей. Последняя аналогична нашей системе десятичных дробей с той только разницей, что основанием системы служит не 10, а 60.

В отличие от вавилонской клинописи, в Древнем Египте для каждого числа от 1 до 9 был свой иероглиф. А также были особые иероглифы для чисел 10, 100, 1000, 10 000 и т. д.

Система нумерации древних египтян оставалась, как свидетельствуют многочисленные памятники, по существу неизменной в течение трех тысячелетий. Сохранились два математических папируса, позволяющих судить о том, как считали древние египтяне. Один из них хранится в Британском музее в Лондоне, а другой — в Музее изобразительных искусств им. А. С. Пушкина в Москве.

Менялась только форма числовых знаков. Это изменение совершалось параллельно с эволюцией египетского письма.

Когда-то эти знаки служили для изображения соответствующих им понятий, но в иероглифическом письме они уже приобрели фонетический смысл и читались как слоги, а в иных случаях даже как буквы (начальные слоги или буквы соответствующих слов). Числовые знаки, употреблявшиеся в иероглифическом письме, также имели вид рисунков; некоторые из этих рисунков сохраняли внешнее сходство с конкретными предметами.

Для единицы употребляется знак | (вертикальная черта); как и во многих других системах нумерации, этот знак и в египетской нумерации произошел, несомненно, от примитивного обозначения чисел зарубками. Таким образом, для него не приходится искать смыслового значения. Иероглифический знак десятки П, может быть, имел прежде смысловое значение, какое именно — остается невыясненным. Сотня изображалась знаком 9 (измерительная веревка), тысяча — 𐀀 (цветок лотоса), десять тысяч — 𐀁 (поднятый кверху палец), сто тысяч — 𐀂 (лягушка), миллион — 𐀃 (человек с поднятыми руками), десять миллионов — 𐀄 (вся Вселенная).

Все остальные числа составлялись с помощью добавления тех или иных иероглифов, а общее количество определялось суммой значений всех значков.

У египтян существовало только прибавление чисел друг к другу, то есть сложение (путем дописывания к существующему иероглифу числа иероглифа второго слагаемого). При этом запись производилась не слева направо, как у нас, а справа налево. Число 15, например, записывалось так:



А число 444 писали так:



В древнейшее время в Греции была распространена так называемая *аттическая* нумерация.

Числа 1, 2, 3, 4 обозначались черточками I, II, III, IIII. Число 5 записывалось знаком П (древнее начертание буквы «пи», с которой начинается слово «пенте» — пять); числа 6,

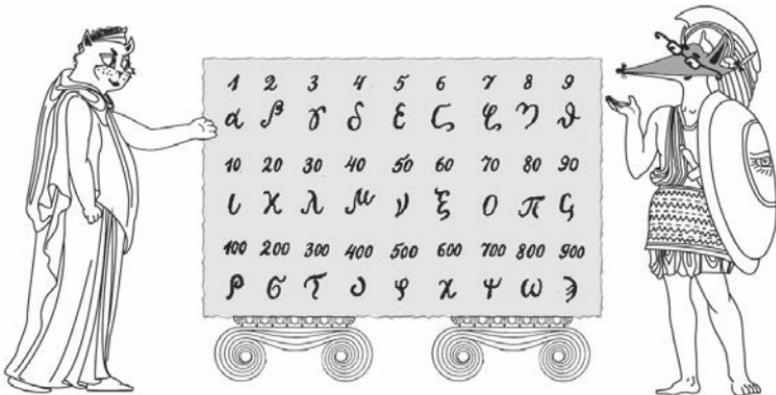
7, 8, 9 обозначались  $\Gamma I, \Gamma II, \Gamma III, \Gamma IIII$ . Число 10 обозначалось  $\Delta$  (начальной буквой слова «дека» — десять). Числа 100, 1000 и 10 000 обозначались  $H, X, M$  — начальными буквами соответствующих слов. Числа 50, 500, 5000 обозначались комбинациями знаков 5 и 10, 5 и 100, 5 и 1000, а именно:

$$\overset{\text{P}}{\text{P}}, \overset{\text{P}}{\text{P}}, \overset{\text{P}}{\text{P}}.$$

Остальные числа в пределах первого десятка тысяч записывались так:

$$\begin{aligned} \text{H}\overset{\text{P}}{\text{P}}\overset{\text{P}}{\text{P}}\text{I} &= 256, \text{X}\overset{\text{P}}{\text{P}}\text{I} = 2051, \\ \text{H}\text{H}\overset{\text{P}}{\text{P}}\overset{\text{P}}{\text{P}}\text{II} &= 382, \overset{\text{P}}{\text{P}}\text{X}\overset{\text{P}}{\text{P}}\text{H}\text{H}\text{H} = 7800. \end{aligned}$$

Видимо, такой принцип записи чисел потом был с определенными изменениями заимствован сначала этрусками, населявшими в I тысячелетии до н. э. северо-запад Апеннинского полуострова, а от них — римлянами. В основу положена пентеричная система. Поэтому два «главных» числа — «пенте» и «дека» (5 и 10 соответственно) удостоились чести изображаться при помощи букв. Числа 100, 1000 и 10 000 тоже имели буквенные обозначения.



ДРЕВНЕГРЕЧЕСКАЯ НУМЕРАЦИЯ

В третьем веке до н. э. аттическая нумерация была вытеснена так называемой ионийской системой.

В ней числа 1–9 обозначались первыми девятью буквами алфавита (буквы  $\zeta$  (фау),  $\zeta_1$  (коппа),  $\mathcal{D}$  (сампи) отсутствуют в нынешнем греческом алфавите):

1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	$\epsilon$	$\zeta$	$\zeta_1$	$\eta$	$\theta$

10	20	30	40	50	60	70	80	90
$\iota$	$\kappa$	$\lambda$	$\mu$	$\nu$	$\xi$	$\omicron$	$\pi$	$\zeta_1$

100	200	300	400	500	600	700	800	900
$\rho$	$\sigma$	$\tau$	$\upsilon$	$\phi$	$\chi$	$\psi$	$\omega$	$\mathcal{D}$

Для обозначения тысяч и десятков тысяч пользовались теми же цифрами с добавлением особого значка « $\acute{\phantom{a}}$ » сбоку (слева):

$$\acute{\alpha} = 1000, \acute{\beta} = 2000 \text{ и т. д.}$$

Для отличия цифр от букв, составлявших слова, писали черточки над цифрами.

Примеры:  $\acute{\iota}\eta = 18$ ;  $\overline{\mu\zeta} = 47$ ;  $\overline{\upsilon\xi} = 407$ ;  $\overline{\chi\kappa\alpha} = 621$  и т. д.

**Примечательно, что необходимость сохранять порядок букв ради сохранения их числовых значений привела к относительно ранней стабилизации греческого алфавита.**



Золотой век Греции начинался во времена Фалеса и Пифагора. Легендарное и символическое достижение Фалеса — предсказание солнечного затмения в мае 585 года до н. э. Геродот сообщает, что оно произошло в разгар битвы между лидийцами и мидянами и благодаря ему сражение прекратилось и воцарился долгий мир. Фалес учился в Египте и стал великим математиком. Для своей математики он сохранил египетское название — «измерение земли», которое в переводе на греческий звучит как «геометрия». Когда Фалес стал великим старцем, к нему совершил паломничество юный Пифагор. Фалес, быть может, усмотрел в нем отблеск

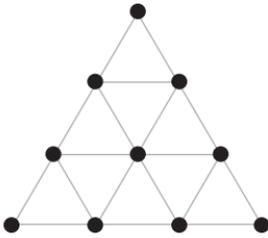
собственной молодости и отправил его на учебу в Египет. Египетская школа «измерения земли» оставалась материальной. В ней не было абстрактных форм. Геометрические контуры были физическими сущностями. Линия — натянутая веревка или кромка пашни. Прямоугольник — граница гранитной плиты. Пространство — это воздух, почва, ил. Пифагор стал первым греком, изучившим египетские иероглифы, и даже получил пост египетского жреца. Он провел в Египте не менее тридцати лет. Но однажды на Египет напали персы. Пифагор попал в плен и оказался в Вавилоне. Здесь он разобрался в вавилонском исчислении. Ему было за пятьдесят, когда он вернулся к себе на родину — в Самос.

Пифагор был фигурой харизматической. Он умело поддерживал слухи и легенды о своей исключительности. И он верил в свой высокий промысел, ведь «золотое» родимое пятно на его ребре было знаком особых сил. Сохранился и до сих пор рассказ о том, как в его дом вломился вор и увидел такое, что сбежал с пустыми руками, однако вор наотрез отказался рассказать, что он увидел. Еще говорили, что он может быть в двух местах одновременно. И еще он проповедовал, что надо любить врагов своих, и то, что владение вещами мешает достижению божественных истин. Подобно своему великому современнику Сиддхартхе Гуатаме Будда, Пифагор верил в перерождение. Он запретил избивать собаку, когда узнал в ней своего старого друга.

Во времена Пифагора греки делили счет на арифметику — теоретический аспект и логику — вычислительный аспект. Логикой занимались низкие классы. Философы занимались арифметикой.

Число (символ) отличали от цифры (знака). Цифра обозначала количество, значение числа имело сакральный смысл. Три — число священное, четыре — устойчивость, пять ( $5^2 = 3^2 + 4^2$ ) — символ истинной веры, шесть — совершенное число ( $6 = 1 + 2 + 3$ ), семь — число совершенной законченности, восемь — символ вечности и блаженства, девять — шаг до совершенства и, наконец, десять — символ совершенства. Потом выделяются «астрологические числа», самые сильные из которых — 7 ( $3 + 4$ ) и 12 ( $3 \times 4$ ). Арифметика с архаических времен шла рука об руку с астрологией, и это придавало числам сакральный смысл.

Пифагорейцы соединили арифметику с геометрией. Они называли свою науку математикой — от греческого слова «матема»,



т. е. «знание». Геометрический подход к арифметике породил новую связь (отличную от астрологической) между абстрактным числом и реальностью. Пифагорейцы отделили числа от их конкретного вещественного носителя, но сохранили абстрактную геометрическую структуру числа. Они видели числа оформленными в треугольных и квадратных комбинациях. Числа 3, 6, 9 и т. д. пифагорейцы называли треугольными на том основании, что число единиц в этих числах можно разместить в форме треугольника. По аналогии числа 4, 8, 12 и т. д. они называли квадратными. Число единичных элементов в этих числах можно разместить в форме квадрата.

Символом пифагорейского союза стал священный тетраксис. Тетраксис — это треугольник, в котором в определенном порядке вписаны десять точек. Эти точки располагаются на четырех горизонтальных уровнях, начиная с одной — на первом уровне и заканчивая четырьмя — на четвертом уровне. Феон из Смирны утверждал, что десять точек, или Тетраксис Пифагора, были символами огромной важности, потому что острому уму они открывали тайну Природы... Пифагорейцы связывали себя следующей клятвой:



*«Клянусь Тем, кто дал нашим душам Тетраксис, кто имеет истоки и корни в вечно живой природе».*

Пифагорейцы совершили великое открытие. Они обнаружили, что геометрические фигуры имеют масштабные инварианты — численные величины, которые не изменяются при изменении масштаба геометрических фигур. Например, число  $\pi$  — отношение длины окружности к ее диаметру. Осмысление этой удивительной связности, лежащей вне вещественного, было лейтмотивом пифагорейской философской традиции. В числе они видели первооснову сущего. Аристотель в «Метафизике» (кн. I) дал пространное описание пифагорейского учения:

*«Так называемые пифагорейцы, занявшись математикой, первыми развили ее и, овладев, стали считать ее начала началами всего существующего... В числах пифагорейцы усматривали больше сходства с существующим и возникающим, чем в огне, земле и воде. Они видели, что свойства и отношения, присущие гармонии, выразимы в числах. А потому среди начал числа по природе суть первое из начал. Они предположили, что элементы чисел — суть элементы всего существующего, небо есть гармония и число».*



Филолай в труде, посвященном пифагорейским доктринам, сформулировал основное положение пифагорейцев так:

*«В основе всех вещей лежит число. Познать мир — значит познать управляющие им числа».*



Пифагорейская космология в своей основе десятична. В центре Вселенной — огонь. Вокруг него вращаются Земля, Солнце, Луна, планеты и постоянные звезды. Всего — девять сфер. Но этого мало. Невидимая «противоположная земля» завершает эту декаду. Число 10 — число совершенства. После 10 числа просто повторяются. Что же касается числа три, оно нигде не исчезает. Треугольник становится основой базы всех поверхностей, а число четыре — основой всех объемных тел. Ведь если четвертая точка устанавливается в серединной точке над треугольником и соединяется линиями со всеми его вершинами, то получается пирамида или тетраэдр.

Идеи пифагорейцев развивал Платон. В своем трактате «Тимей» он сопоставил каждую из четырех стихий (землю, воздух, воду и огонь) определенному правильному многограннику: земля — куб, воздух — октаэдр, вода — икосаэдр, а огонь — тетраэдр.

Для возникновения данных ассоциаций были следующие причины: жар огня ощущается четко и остро (как маленькие тетраэдры); воздух состоит из октаэдров: его мельчайшие компоненты настолько гладкие, что их с трудом можно почувствовать; вода выливается, если ее взять в руку, как будто она сделана из множества маленьких шариков (к которым ближе всего икосаэдры); в противоположность воде, совершенно непохожие на шар кубики

составляют землю, что служит причиной тому, что земля рассыпается в руках, в противоположность плавному току воды. Пятый элемент Платона — додекаэдр — образец Вселенной.

Аристотель, ученик Платона, добавил еще один элемент — эфир. Он говорил, что небеса сделаны из этого элемента, но он не говорил, что это и есть пятый элемент Платона. Аристотель заложил основания логики. Он высказал ряд идей относительно определений и аксиом.



**Аристотель предчувствовал, что, манипулируя знаками, он создает знание, причем знание высшего порядка.**

Евклид на основе аксиом построил геометрию. В последней, XIII книге «Начал» он доказывал, что не существует других правильных многогранников, кроме тел Платона.

Быть может, первейшее достижение Евклида — это концепция логического доказательства. Критерий истинности математического утверждения, по Евклиду, — это возможность доказательства путем последовательных логических шагов из того, что уже известно. И второе по значению достижение Евклида — осознание того факта, что есть исходные утверждения, которые нельзя доказать (аксиомы). Наконец, третье достижение Евклида — это систематизация математических знаний в «Началах».

В 331 году до н. э. войска Александра Македонского вошли в Вавилон. В походе Александра сопровождали многие греческие ученые. Вавилонские жрецы, халдеи, в это время обладали астрономическими знаниями, намного превосходившими по своей точности греческие. Греки позаимствовали в Вавилоне систему мер, связанную с астрономическими наблюдениями: деление суток на 24 часа (по два часа на каждое созвездие зодиака), деление окружности на 360 градусов (Солнце проходит по эклиптике примерно  $1^\circ$  в сутки), деление часа на 60 минут, минуты — на 60 секунд, деление градуса на угловые минуты и секунды. Неудивительно и то, что около 300 года до н. э. греки создали солнечный календарь, привычный нам, используя астрономические знания халдеев.

Римляне также использовали буквы для обозначения цифр, но не столь расточительно, как греки. Мы довольно часто

используем римские цифры, обозначая порядковый номер монарха, номер века или тысячелетия (XVIII век, III тысячелетие до н. э.), номер тома в многотомной книге, на циферблатах часов «под старину».

Римских цифр всего семь. Большинство из нас помнят I, V и X, но путают L, C, D и M. Между тем существует простое мнемоническое правило для запоминания римских цифр: «Мы Дарим Сочные Лимоны, Хватит Всем Их». Это значит M, D, C, L, X, V, I согласно заглавным буквам каждого слова:

**I — 1;**  
**V — 5;**  
**X — 10;**  
**L — 50;**  
**C — 100;**  
**D — 500;**  
**M — 1000.**

Римские цифры описывают натуральный числовой ряд благодаря трем правилам позиционирования символов:

1. Сначала пишутся тысячи и сотни, а затем — десятки и единицы.

2. Если большая цифра стоит перед меньшей, то они складываются (принцип сложения), если же меньшая — перед большей, то меньшая вычитается из большей (принцип вычитания).

3. Одна черта сверху означает умножение всего числа на 1000.

<i>Цифры дewanогари, Индия, IX в.</i>	१ २ ३ ४ ५ ६ ७ ८ ९ ०
<i>Цифры западных арабов, X в.</i>	۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۰
<i>Испанские апексы, 976 г.</i>	۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹
<i>Французские апексы, XII в.</i>	۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ①
<i>Французские цифры, XIII в.</i>	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
<i>Готические цифры, ок. 1400 г.</i>	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
<i>Цифры эпохи Возрождения, ок. 1500 г.</i>	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
<i>Современные цифры</i>	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

*Краткая эволюция индийских цифр в современные*

Греческую математическую традицию продолжали индийцы. Они усовершенствовали позиционную систему счисления, изобрели тот способ записи и чтения чисел, которым теперь пользуется весь мир. Они сократили перечисления разрядов. Как если бы мы называли число 13 137 не «тринадцать тысяч сто тридцать семь», а просто «один, три, один, три, семь». Мы так поступаем с телефонными номерами. Этот упрощающий переход создавал одну проблему. Одна и та же цифра 3 в числе 301 обозначает три сотни, а в числе 31 — три десятка. Чтобы не получалось путаницы, при записи на месте «пустого» разряда индийцы ставили точку. Позднее вместо точки стали рисовать кружок. Такой кружок назывался сунья. На языке хинди «сунья» значит «пусто», «пустое место». Современное слово «нуль» родилось сравнительно недавно. Оно происходит от латинского слова «nulla» — «никакая».

Благодаря удачному упрощению записи и введению нуля индийская система обозначений цифр оказалась очень удобной для вычислений. Ноль сам по себе не выражает никакого количественного значения. Однако в системе цифрового счисления он своего рода замковый камень. В строительстве замковый камень укладывается последним, служит прочности и жесткости арки в месте наибольшей нагруженности. Ноль — очень насыщенное понятие. Ноль, символизирующий «ничто», есть «нечто». Осознание этого стало настоящим прорывом абстрактного мышления в реальность. «Ничто» невозможно почувствовать. «Ничто» сложно себе представить. Но абак, древнейшая счетная доска, на котором все бусинки опущены вниз, — дает простую и конкретную иллюстрацию того, что такое ноль. Так техника с самого начала придавала смысл тому, что недоступно чувственному восприятию.

Арабские ученые заимствовали индийскую систему счисления. В IX веке в среднеазиатском Хорезме жил и работал математик Мухаммед ибн Муса аль-Хорезми. Он написал книгу об общих правилах решения арифметических задач и уравнений. Она называлась «Китаб аль Джебр». Эта книга дала имя науке алгебре. Аль-Хорезми также подробно описал индийскую арифметику. Триста лет спустя книга аль-Хорезми была переведена на латынь английским математиком Робертом Честерским и испанцем Иоанном Севильским. Под непосредственным влиянием этого труда

находился такой выдающийся европейский математик XIII века, как Леонардо Пизанский (он же Леонардо Фибоначчи).

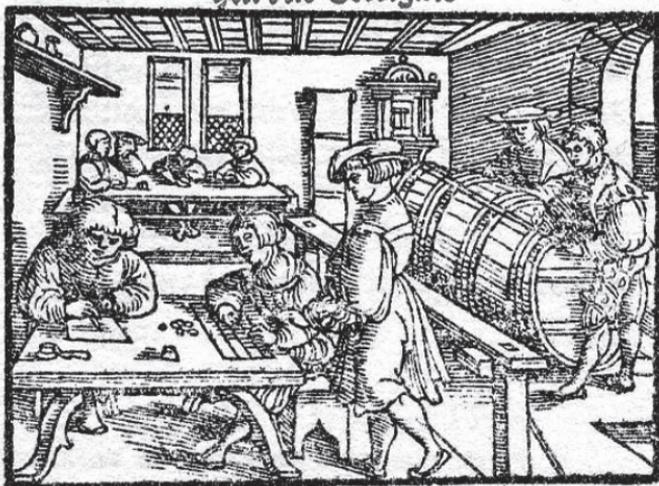
В своей «Книге абака» (*Liber abaci*, 1202) Фибоначчи подробно изложил возможности применения арабских (индийских) цифр и дал примеры решения практических задач, по большей части связанных с торговым делом. Стоит отметить, что книга Фибоначчи никакого отношения к абаку не имела, а была так названа в силу того, что к этому времени понятие «абак» стало означать «арифметику». Фактически это был учебник «индийской» арифметики для всех европейских народов. Европейцы получили позиционную систему счета и современные цифры от арабов. Поэтому привычные нам цифры называют арабскими. В эпоху Возрождения индо-арабская позиционная система счисления окончательно укоренилась в европейской культуре.

На сайте <http://s4erbinin.ru/math/hinduarab/hinduarabspread> приводятся результаты любопытных исследований, проведенных в Великобритании в 2000–2001 годах (проект *Arithmeticke*). Целью проекта было определение периода, в течение которого произошла смена в использовании римских цифр на индо-арабские. Изучались заверенные описи имущества при оформлении наследства (было исследовано 2422 документа периода с 1540 по 1700 год). Результаты исследования говорят о том, что наиболее характерный период перехода — примерно с 1590 по 1650 год. При этом основной срок ограничивается 20–30 годами, которые, возможно, связаны со сменой поколений. При этом доминирование индо-арабской нумерации в обозначении годов, итоговых сумм и описании предметов произошло намного раньше, чем при обозначении стоимости отдельных предметов. Отмечается интересный факт как смешанного употребления обоих типов цифр в переходный период (бицифирность) даже в пределах одной суммы, так и использование индо-арабских цифр для расчетов на полях документов, которые тем не менее были полностью оформлены римскими цифрами.

Индийское происхождение так называемых арабских цифр было признано в науке лишь в XIX веке. Первым ученым, высказавшим эту, для того времени новую, мысль, был немецкий востоковед Георгий Яковлевич Кер, с 1731 года служивший в Москве переводчиком коллегии иностранных дел.



Alles von neuem jekunde widerumb erse-  
hen vnd Corrigirt.



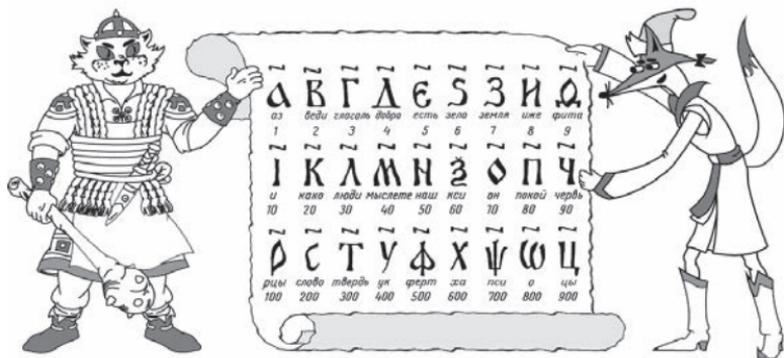
Frank. Bey. Chr. Egen. Erben. 1574c

*Иллюстрация на обложке одного из первых массовых учебников арифметики на немецком языке Адама Ризе (1574), демонстрирующего преимущество «цифрного счета» — соревнование абациста с алгоритмом, считающим в столбик*

Славянская кириллическая нумерация была создана вместе со славянской алфавитной системой для перевода священных библейских книг греческими монахами братьями Кириллом и Мефодием в IX веке. Эта форма записи чисел получила большое распространение в связи с тем, что имела полное сходство с греческой ионийской записью чисел. До XVII века эта форма записи чисел была официальной на территории современной России, Белоруссии, Украины, Болгарии, Венгрии, Сербии и Хорватии. До сих пор православные церковные книги используют эту нумерацию.

Числа записывали из цифр также слева направо, от больших к меньшим. Только числа от 11 до 19 записывались двумя цифрами, причем число единиц шло перед десятком:

ДИ = 14, €I = 15, SI = 16, 3I = 17 ...



### СЛАВЯНСКАЯ НУМЕРАЦИЯ

Читаем дословно «четыренадцать» — «четыре и десять». Как слышим, так и пишем: не 10 + 4, а 4 + 10 — четыре и десять. Числа от 21 и выше записывались наоборот, сначала писали знак полных десятков.

Запись числа, использованная славянами, аддитивная, то есть в ней используется только сложение:

$$\overline{W3Г} - 86 = 800 + 60 + 3.$$

Для того чтобы не перепутать буквы и цифры, использовались титлы — горизонтальные черточки над числами, что мы видим на рисунке.

Для обозначения чисел больших, чем 999, использовались специальные значки, которые дорисовывались к букве. Так обозначались числа:

	Тысяча	1000		Леодр	1 000 000
	Тьма	10 000		Ворон	10 000 000
	Легион	100 000		Колода	1 000 000 000

Славянская нумерация просуществовала до конца XVII столетия, пока с реформами Петра I в Россию из Европы не пришла позиционная десятичная система счисления (так называемые арабские цифры).

## ОТ АБАКА — К АЛГОРИТМУ

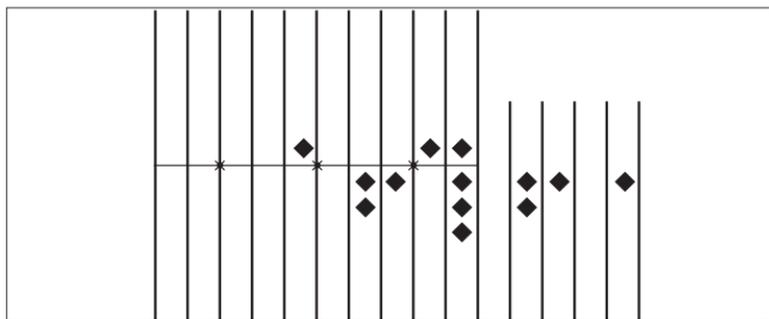
Математика формировалась в процессе сознательной деятельности человека прежде всего как счет. С древнейших времен было замечено, что счет сводится к выполнению рутинных операций по правилам. Со времен Древнего Египта повторялись попытки создать счетный автомат — абак.

В разных странах существовало несколько видов абак: древнеегипетский (заимствованный греками), римский, китайский (суаньпань), японский (соробан).

Египетский абак представлял собой разлинованную дощечку, в колонках (столбцах) которой размещали камешки; он служил не столько для вычислений, сколько для запоминания промежуточных результатов. Столбцы пересекала черта, и камешек выше черты заменял пять камешков, расположенных под чертой.

Римляне усовершенствовали египетский абак. В дощечке римского абак были вырезаны желобки, по которым камешки могли передвигаться, а китайский (суаньпань) и японский (соробан) варианты абак выполнялись с шариками, нанизанными на прутья.

Сложение с помощью абак производилось путем добавления камешков в нужный столбец, и, когда их оказывалось пять, камешки убирали, а в столбец следующего, более высокого разряда, добавляли один камень. Этот первый вычислительный инструмент древности позволял выполнять четыре арифметических действия и работать с дробями.



Чертеж абак, найденного на Саламине

На острове Саламин в 1846 году был найден мраморный абак, предназначенный для денежных расчетов, с пометкой столбцов, указывающей на их соответствие определенному количеству монет. Длинные столбцы, если отсчитывать их справа налево, обозначали единицы, десятки, сотни, тысячи и десятки тысяч драхм, а затем — такие же разряды, но уже талантов. Короткие столбцы обозначали обол и его доли: обол,  $1/2$ ,  $1/4$  и  $1/8$  оболы. Десять длинных столбцов пересекает линия; камешек, размещенный ниже линии, соответствует одной счетной единице, а размещенные выше — пяти единицам. Таким образом, денежная сумма, представленная на чертеже абака, составляет 302 158 драхм, 2 оболы,  $1/2$  оболы и  $1/8$  оболы. Следует учесть, что камешек над чертой слева обозначает пять талантов, то есть триста тысяч драхм.

Китайский вариант абака суаньпань появился еще во II веке до н. э., а в Японии с названием соробан (*яп.* — «счетная доска») был внедрен гораздо позже, около XVI столетия. Арифметические действия на этом абаке выполнялись с костяшками, нанизанными на прутья. Подобно римскому абаку, суаньпань разделен на две части: в верхней (как бы «над чертой») костяшки обозначали пять единиц (десятков, сотен и т. д.), а в нижней («под чертой») каждая костяшка обозначала одну единицу.

Суаньпань представляет собой прямоугольную раму, в которой параллельно друг другу протянуты спицы от девяти и более. Спицы соответствуют десятичным разрядам. Перпендикулярно спицам суаньпань перегорожен на две неравные части. В большом отделении («земля») на каждой спице нанизано по пять косточек (число единиц в разряде), в меньшем («небо») — по две (число пятёрок в разряде). При вычислении прибор кладётся к себе длинной стороной, содержащей 5 косточек. Для ввода цифры необходимое количество косточек придвигается к средней перегородке вверх («на земле») и книзу («на небе»). Японский соробан проще суаньпаня, у него на «небе» и на «земле» на одну косточку меньше (1 и 4 соответственно). Таким образом,  $4 + 5 = 9$ , и этого достаточно для представления на спице всех цифр от 0 до 9. Обычно соробан имеет 13 спиц, но встречаются соробаны с 21, 23 и более спицами (число спиц всегда нечётное).

В средневековой Европе древний пятеричный счет получил распространение в виде так называемого счета на линиях. Он

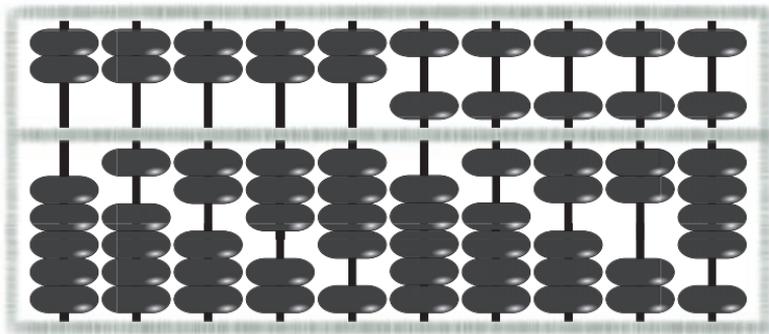
возник в XIII веке и распространился во всех странах Западной Европы.

В отличие от римской счетной таблицы и от дальневосточных счетных приборов, ряды на счетных таблицах всегда располагались горизонтально и счисление велось снизу вверх, от младших разрядов к старшим. Другим отличием счета на линиях от античного абака было то, что для раскладывания единиц использовались сами линии таблицы, а пятерки укладывались в промежутки между ними (в так называемые шпации), что сделало таблицу более компактной. При этом счет на линиях по своей сути ничем не отличался от счета с помощью абака.

В XV–XVI веках счет на линиях получил такое распространение, что было даже налажено массовое производство жетонов, а в английском казначействе все столы были покрыты разноцветными скатертями, за что современники стали называть его «Палатой шахматной доски».

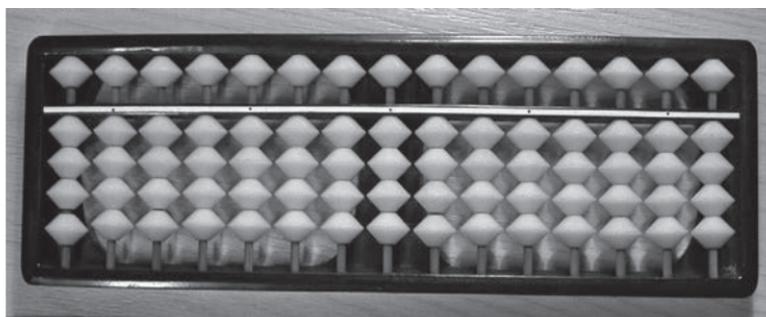
Наборы жетонов для счета хранились в специальных футлярах, а счетные таблицы отличались большим разнообразием, начиная от специальных столов и кончая платками и ковриками. В зависимости от производившегося действия или особенностей тех или иных денежных систем употреблялись по-разному расчерченные таблицы.

Счетные жетоны (нем. *Rechenpfennig*, *Raitpfennig*; франц. *gectoir*, *jetton*; англ. *counter*, *reckoning counter*; исп. *contador*; гол. *legpenning*) имели широчайшее хождение в средневековой Европе. Слово «жетон» — *jetton* — связано с французским глаголом *jeter* в значении «толкать», так как расчеты на счетной таблице связаны с постоянным переталкиванием жетонов с места на место. Счетный жетон очень похож на монету, но не имел номинала, сделан из меди, бронзы, латуни, реже — из свинца, серебра или золота. Жетоны всегда имели малую толщину (0,5–1 мм), а диаметр варьировался от 6 до 30 миллиметров. Еще одна отличительная особенность — очень малый рельеф рисунка, по которому жетон всегда можно отличить и от монеты, и от медали. Изображения на жетонах очень схожи с изображениями на средневековых монетах, а иногда просто их копируют. Поэтому иногда их изначально изготавливали с отверстием сбоку, дабы исключить соблазн подделок.



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

*Пример набора цифр на суаньпане*



*Соробан*



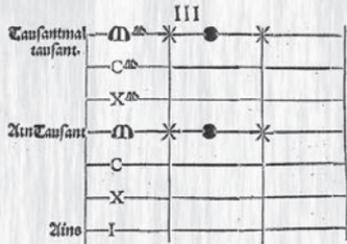
*Счетные жетоны*

auffset vor die aller vnderst Liniig im bedentniß ges  
 acht/vnd das Spacium ob ir/ vor fünf 2c Als so der  
 dazum auff die zwait Liniig gesetzt wirt / wie wol dan  
 vor byn die zwait liniig nach Rechter Kunst zehon be  
 dent / wirt doch geacht. so der dazum daruff gesetzt ist  
 das sie nit mere dan ains bezeichnen/ vnd die nechst l  
 niig ob ir zehen/die drit hundert 2c So aber der dazum  
 do von gehen/wirt sie wie vor zehon be denten/ vnd/  
 also darnach ain yde liniig.vnd pfennig so darauff late  
 noch yrer rechten bedentniß geacht vnd vffgedrucken/  
 Als diß Figur in Exempel woyß sich sehen laß.

Tausent	M	●	●	●	●	●	●	Zehntausent
Funffhundert	D	●	●	●	●	●	●	Funfftaufet
Hundert	C	●	●	●	●	●	●	Tausent
Funffzig	L	●	●	●	●	●	●	Funffhundert
Zehen	X	●	●	●	●	●	●	Zehner
Funff	V	●	●	●	●	●	●	Funffzig
Ains	I	●	●	●	●	●	●	Zehn
								Funff
								Zins

**Der fünff Vnderstait Sagt**  
 Von dem zeichen der Fierden Linien.

**N**yn mal soltu vergessen so  
 du die fierde Liniig erreichst / ain Crüzlein  
 oder fünft ain zeichn auff die zwerech Liniig  
 in die Cambien oder Banckir zümachn / zü  
 bedentung das die selbig liniig Tausent in ir heit / vnd  
 woderumb ain anfang ist vff Tausent zu zelen / Als die  
 hiebei gesetz figur angelegen thüt.



**Der Sechste Vnderstait Be**  
 richt dich das du mit funff Rechenpfening auff ainer  
 Linien / oder zwen in ainm spacium legen lassen solt



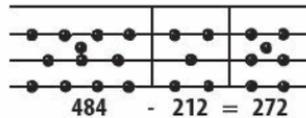
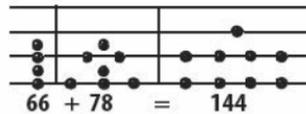
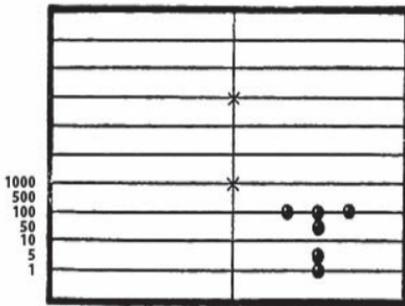
**Et begibt sich das funff**

Rechenpfening auff ain Liniem können als  
 dan soltu die selbem funff auffheben / vnd  
 ain dar für in das nechst Spacium ob der selben Lini  
 en legen In gleicher weis / als offtu zwen Rechen  
 pfening in ain Spacium findest / soltu alweg die zwen  
 vff hebe / vñ ain dar für die nechst Liniig ob dem sel  
 bem spacium legen / Dc / auf besich das volgend beispiel



Страницы из учебника арифметики Якоба Кёбеля (Аугсбург, 1514 г.).

На левой странице показана схема расположения жетонов на счетном поле с указанием их «номиналов» римскими цифрами (I, V, X, L, C, D, M), хотя арабские цифры в учебнике уже встречаются



Пример сложения и вычитания при счете на линиях (из книги Я. И. Перельмана «Занимательная арифметика. Загадки и диковинки в мире чисел», М., Детгиз, 1954). Слева на счетном поле выложено число 356. Справа показано сложение (вверху) и вычитание (внизу)

Счетная таблица и набор жетонов были необходимой принадлежностью купца и банкира, чиновника и ученого. Счет на линиях упоминают герои Шекспира. Мольер в одной из своих последних постановок заставил больного проверять счета аптекаря, раскладывая на столе жетоны; в Париже его времени (1670-е гг.) это выглядело чуть старомодно и казалось смешным. Во Франции XVI и XVII веков взятка приобрела галантную форму подарков влиятельным лицам — сотенных наборов художественно отчеканенных плотных серебряных жетонов размером в крупную монету.

Счет на линиях подробно излагался во множестве различных учебников арифметики XV–XVII вв. Для каждого из четырех арифметических действий была разработана своя методика, но способ раскладки жетонов оставался неизменным во всех случаях: жетоны, соответствовавшие единицам, укладывались на линиях в количестве от одного до четырех, а жетоны-пятерки выносились в шпации между ними. Было несколько не отличавшихся существенно друг от друга разновидностей счета на линиях, выработанных разными авторами.

«Книга абака» (Liber abaci, 1202) Леонардо Пизанского если не открыла, то существенно расширила ворота для проникновения в Европу арабской нумерации, принципиально упростив систему «ручного счета». Однако внедрение новых цифр шло медленно и с большим трудом. В восточной части европейского Средиземноморья оставалась общепринятой греческая система нумерации, в западной части и в северных регионах — римская, причем вычисления велись на счетном поле. Торговые книги Средневековья и даже более поздних времен содержат римские цифры, и это доказывает, что расчеты все еще производились не на бумаге, а с помощью старинного счета на линиях. Многие выступали против введения индийско-арабских знаков, и противоборство между сторонниками той или другой системы тянулось на протяжении нескольких столетий.



**Во Флоренции даже запретили арабскую нумерацию — под тем предлогом, что при ее использовании легко подделать баланс.**

Противники и сторонники арабской системы счисления распространяли множество работ: одни писали о том, как удобно

Титульный лист учебника  
арифметики Якоба Кебеля.  
Аугсбург, Бавария, 1514 г.

На рисунке – счет на линиях



и надежно пользоваться старым методом, другие — как производить вычисления, используя перо и бумагу, либо пергамент, доску для письма мелом и т. д.

В расчетах на линиях ноль не использовался (на разряде с нулевым значением просто отсутствовали жетоны), и главное внимание уделялось умножению и делению как наиболее трудоемким и важным действиям. Сторонники же арабской системы указывали на преимущества расчетов с использованием ноля и рассматривали гораздо большее количество операций — сложение, вычитание, умножение, деление и извлечение корней.

Счет на линиях долго не сдавал позиций. Затяжной характер этого противостояния в том числе определялся тем, что для письменных расчетов требовался писчий материал. Но пергамент был дорог, а бумага появилась в Европе только в XII–XIII веках, причем на первых порах она тоже была довольно редкой и поэтому дорогой.

В связи с оживлением торговли в XIII–XIV веках — в первую очередь в северо-итальянских городах — возникла потребность в коммерческой арифметике и ведении бухгалтерского учета. Это привело к появлению многочисленных школ абака — например, во Флоренции в 1340 году их было шесть,



Иллюстрация к немецкой математике (считается, что 1503 г.) Грегора Рейша «Margarita Philosophica»: Арифметика, на платье которой изображены две геометрические последовательности (3-9-27 и 2-4-8), разрешает спор, очевидно на скорость расчетов — Пифагора за абаком и Бозция за расчетами в столбик. Очевидно, что Бозций победил (обращаю внимание, что оба персонажа, несмотря на свою древность, изображены средневековыми персонами, современниками автора, каковыми они и являлись!)

в них насчитывалось 1200 учеников — очень немало для города со стотысячным населением. В таких школах обучали основам арифметики мальчиков десяти-одиннадцатилетнего возраста в течение двух-трех лет. Перед тем ученики, как правило, заканчивали школы латинской грамматики, где им преподавали искусства чтения и письма. После школы абака юношей в 13–14 лет начинали обучать ремеслу в качестве подмастерьев или иному полезному занятию — торговле, банковскому делу и т. д.

Руководства для счета на линиях продолжали появляться еще долго после того, как уже широко начал входить в употребление счет пером, т. е. наш обычный счет. Учебники арифметики XVI века часто противопоставляют или сопоставляют оба способа производства арифметических действий и в тексте, и в иллюстрациях.

Борьба между двумя этими способами вычислений завершилась только в XVI–XVII веках.

## ЧИСЛОВАЯ СИМВОЛИКА СРЕДНЕВЕКОВЬЯ

Профессор Нью-Йорского университета Винсент Фостер Хоппер в книге «Числовая символика Средневековья» выводит наполнение чисел символическим содержанием из трех источников: антропологический, астрологический и геометрический (пифагорейский). Последний источник указывает на пифагорейскую трактовку смысла числа на основе отношений чисел между собой, на основе некоторого, скрытого от чувственного восприятия, миропорядка. Эта пифагорейская традиция, прошедшая через призму учения Платона и через христианскую интерпретацию Плотина, стала магистральным направлением для придания смыслов числам в Средние века. Плотин писал:



*«Число существовало до предметов, которые оно обозначает. Разнообразие чувственных предметов просто напоминает душе о понятии числа».*

В Средние века философы объединили астрологический и геометрический (пифагорейский) потоки числового символизма. Уже пифагорейцы признали астрологию в части четырех элементов, семи планет и десяти сфер. Но притяжение восточной астрологии этим не ограничивалось. В Александрии сформировалась школа приобщившихся к эллинистической мысли философов — гностиков. Они пытались объединить греческую философию с восточной магией. Гностических течений появилось множество. Их объединяло представление о базовых числовых элементах — триаде (3) и тетраде (4). Конечно, такие представления, как отделение одного из единства многого, гностики считали само собой разумеющимся:



*«Я тот 1, который стал 2, кто стал 4. Я тот 4, который стал 8, и я 1 после всего этого».*

Средневековые представления о гармоническом единстве человека — «малого мира» (лат. *microcosmos*) — и вселенной — «большого мира» (лат. *macrocosmos*) восходят

к учению гностиков о мировой симметрии микро- и макрокосмосов. Мистический мудрец Гермес Трисмегист поучал:

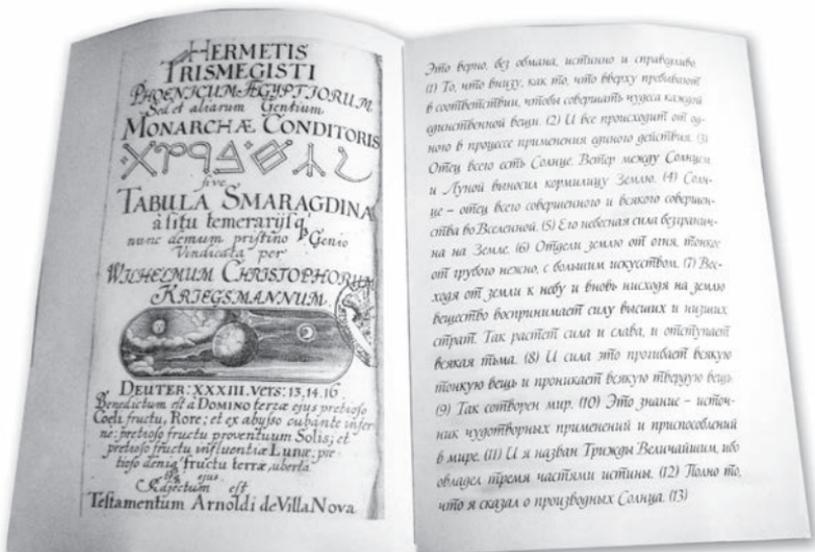


«То, что внизу, как то, что сверху, пребывают в соответствии».

Гермес Трисмегист — и маг, и философ, и пророк. Он, Гермес, посланец богов, оставил «Изумрудную скрижаль», состоящую из тринадцати заповедей. Заповеди выгравированы на изумрудной пластине, найденной Аполлоном Тианским в первом столетии нашей эры. Текст появился на заре христианской эпохи и чудесным образом оказался в ладу с христианской доктриной и с произведениями платоников. В первой заповеди «Изумрудной скрижали» сказано:



«Это верно, без обмана, истинно и справедливо. То, что внизу, как то, что сверху, пребывают в соответствии, чтобы совершать чудеса каждой единственной вещи».



«Изумрудная скрижаль» Гермеса Трисмегиста

Возникновение христианского гностицизма повсеместно приписывается Отцами Церкви Симону Волхву, который представлялся «великой силой Господа». Наиболее полное описание разнообразных агностических сект дал Валентин в Pistis Sophia. Их объединяет общее представление о том, что мир двуедин: физическая вселенная и духовный порядок, Плерома. Выше Плеромы — Первопричина или Глубина, по-гречески — Bythos. В ней — триада: Eupoe (Идея), Nous (Разум), Alethia (Истина). Из Разума и Истины происходят Logos (Слово) и Zoe (Жизнь). Из них Человек и Церковь. И прочее, и прочее, и прочее. Порядок выражается числом. Числа — таинственные обитатели Плеромы. И ведь сказано в «Книге Премудрости Соломоновой»:

*«Вся мерою и числом сотвори еси».*



Из гностицизма проистекает каббалистика. Буквы еврейского алфавита использовались как числа. Любое заданное слово есть номер. Ветхий Завет стал числовым кодом, в котором обнаруживались «оклады и декады». Новые смыслы возникали при рассмотрении текста как комбинации цифр. Каббалистика — великая комбинаторика чисел и смыслов. Из нее выросла средневековая нумерология. Средневековая мысль, благодаря своему прагматизму, игнорировала логические конструкции гностиков, но оказалась очень восприимчивой к смысловым трактовкам чисел. Традиция средневекового числового символизма берет начало в трудах ранних христианских авторов. Еще в I веке до н. э. Филон Александрийский в толковании Ветхого Завета писал:

*«То, что нельзя достойно пересчитать, чтобы постигнуть как число, не является священным».*



А Исидор эту идею пояснял:

*«Через число нам становится ясно, как поддерживать порядок. Отнимем число от всех вещей, и они погибнут. Отнимем счет у мира, и все погрузится в невежество».*



Сочинения Филона, Плутарха и неоплатоников предопределили широкое распространение числового мистицизма в период до V века. Примерно в III веке сформировался христианский догмат триединства. Официально он был утвержден на Константинопольском соборе в 381 году. По существу самый сильный символ пифагорейцев был встроен в основание христианского мировоззрения. Пифагорейская «наука о числах» стала христианской традицией благодаря трудам святого Августина. Августин писал («О христианском учении»):



*«Наука чисел не была создана человеком, но открыта благодаря исследованию... Никто не в силах определить ради собственного удовлетворения, что  $3 \times 3$  не 9».*

В труде «О граде Божиим» Августин возносит похвалу Господу за то, что Тот «определил все числом, мерой и весом». Августин очарован свойствами числа. Он знает, что сам Платон видел Господа устроившим мир по числовому признаку. Он чтит Гермеса в том, что касается числа. Как философ, он видит в числе образ абсолютного начала:



*«Никакое насилие над природой не может помешать числу, которое приходит после единицы в результате ее удвоения».*

Принципиально христианским новшеством в «науке о числе» стало определение роли четверицы. Четырехкратное крестное знамение символизирует человека. В слове «Адам» четыре буквы. В раю четыре реки. Есть четыре основные добродетели. Есть четыре Евангелия от четырех, достойных доверия евангелистов. Оттененное четверицей, преобразуется представление о Троице. Символом этого нового понимания стал образ Святой Троицы Андрея Рублёва. Постановление православного Стоглавого собора (1515 г.) установило:



*«Писати иконописцам иконы како греческие иконописцы писали и как писал Ондрей Рублёв, а от своего замышления ничтоже предтворяти!»*



*Слева: икона «Отечество (Троица Новозаветная)». Новгород. XIV в. Над плечами Бога Отца в сфере над голубем повторена надпись ІС ХС. Это, возможно, попытка обхода запрета на изображение Бога Отца: Христос-старец, существующий предвечно во Отце.*

*Справа: икона «Троица Животворящая», Андрей Рублёв, ок. 1410 г.*

Сравните икону XV века кисти Андрея Рублёва — «Троицу Животворящую» и икону XIV века — «Троицу Новозаветную». Первая содержит три Лица. Их соотносительные друг с другом и эманация — в центре внимания иконы. В центре иконы Андрея Рублёва — Чаша. Это новый — четвертый элемент.

Образ Святой Троицы Андрей Рублёв выразил равенством трех фигур, изображенных в полном единстве (почти зеркальном), при том, что лица Их и одежды на Них разные. И все Их внимание замыкается на Чаше. Ангелы образуют круг так, что взгляд не может остановиться ни на одной из трех фигур и пребывает, скорее, внутри того пространства, которое они собой ограничивают. В центре — Чаша, но силуэт, напоминающий чашу, образуют также фигуры левого и правого ангелов. Вокруг Чаши разворачивается безмолвный, недвижимый диалог жестов. Левый ангел, символизирующий Бога Отца, благословляет чашу и как бы передает ее. Центральный ангел, символизирующий Бога Сына, как бы благословляет и принимает Чашу, но тут же позволяет ей уклониться и обратиться к Правому ангелу, символизирующему Бога

Святого Духа. Жест третьего ангела обозначает точку завершения цикла, после которой Чаша недвижимо соскальзывает в поле внимания Левого ангела. Изображение палат Авраама над Левым ангелом символизирует творящую способность Бога Отца. Гора — символ «восхищения духа» указывает на Бога Духа Святого. Дуб Маврийский символизирует дерево жизни и указывает на Бога Сына. Форма дерева не совсем обычна. Она напоминает крест, указующий за пределы видимого, и содержит фрагмент, который напоминает форму всего дерева. Идеи встроенности, подобия и тонкой согласованности пронизывают всю композицию иконы. При такой трактовке начало и конец как бы оказываются вне композиции. Первопричина не имеет значения. Ее и вовсе может не быть. Нет фундаментального элемента, но есть универсальный триединный порядок. Символическая Троица одновременно есть и Единица. Одно и то же соединено и раздельно. Догмат о Пресвятой Троице есть догмат таинственный и на уровне бытовой логики непостижимый, ведь



*«Единица одинаково и Троица».*

Этот теологический тезис противоречит повседневному опыту. Богословие призывает нас изменить наш ум так, чтобы он стал способен к созерцанию Божественной логики. И современное естествознание вплотную подошло к той же необходимости. По законам булевой алгебры, напомним, верно то, что  $1 + 1 + 1 = 1$ . Такая запись показывает, что три базовые ипостаси, вместе образуют четвертый элемент.



**Четвертый элемент — это «Чаша Бытия» на иконе Андрея Рублева.**

Она отделена и выделена. Четвертый элемент имеет свою собственную структуру. И если мы вернемся к модели трех равноправных суперстрат — вещественной, динамической и символической, то придем к представлению, что



**четвертый элемент есть узловая точка пересечения суперстрат.**

Это представление оказывается продолжением более раннего, интуитивно-чувственного понимания мира, восходящего к «Изумрудной скрижали» Гермеса Трисмегиста. Тайны нет. Суть вещей проста. Есть три сферы. Одна из них — сфера вещей и явлений, оформленных материально; вторая — сфера движений вверх и вниз, по кругу, по спирали в пространстве ограниченном и беспредельном; третья — сфера символического, божественного, солнечного. В средневековой традиции Солнце — это не просто знак божественного света, это сам Бог. А Человек — творение Его. Человек — четвертый элемент

От Филония Александрийского до Роджера Бэкона шел процесс христианского объединения пифагорейской традиции и астрологии. Отрицая воздействие звезд на волю и разум, богословы признавали, что физическое тело человека испытывает влияние небесных тел. В этом дуализме одновременно простота и сложность средневекового числового символизма. Вместо принятия или отрицания тех или иных числовых теорий средневековая философия признала их все в свете христианского догмата:

*«Nihil in universo est inordinatum».* — *«Во Вселенной нет ничего неупорядоченного».*



И эта средневековая мудрость подтверждалась множеством раз. В начале прошлого века, например, американский физик Френк Бенфорд открыл универсальный закон математики: в любом множестве данных о естественных произвольных процессах чаще всего будут встречаться числа, начинающиеся на цифру 1 (около 30%), потом — на цифру 2 (около 18%) и так далее вплоть до девятки, числа на которую встречаются реже всего. Это кажется невероятным, но работает всегда: в любом случайном номере газеты чисел, начинающихся на единицу, будет больше, чем на двойку, которых, в свою очередь, больше, чем на тройку, и т. д. Закон работает в экономике, естественных науках, географии, демографии и где угодно. Более того, закон Бенфорда используется для выявления злоупотреблений: если какое-то множество данных (будь то финансовые данные или результаты эксперимента) ему не соответствует, это практически всегда означает, что данные подтасованы.

Интуитивная «мудрость» средневекового сознания подсказывала, что логическая операция — это мягкий и податливый человеческой воле материал, он никак не может быть принят за то, на что можно полагаться. Схоласты с помощью изощренных трюков могли установить любое «правило» в отношении чисел, хотя с той же легкостью оно могло быть изменено или аннулировано. В этом суть средневекового прагматизма: если материю производит Бог, то логические операции дано производить самому человеку. В операциональном плане человек подобен Богу. Он может устанавливать и без сожаления аннулировать процессы и операции.

Люди в Средние века не пытались проверять значение числа правилом. Скорее, они выбирали правило, которое приводило бы число к желаемому значению. Число 13, например, со времен Гомера считали несчастливым. Но было и обратное мнение. Волхвы пришли, чтобы увидеть Христа, когда тому исполнилось 13 дней. Десять заповедей + вера в троицу в сумме есть 13. И это достаточные основания считать 13 священным числом.

Предраассудки и суеверия, сопровождающие числа, были необычайно сильными в то время, когда в изобилии бытовали заговоры, любовные зелья, яды, приворот и заклинания. Мирянин воспринимал все астрологические числа как магические абстракции — символы, но вовсе не как сумму единиц. Грань между магией, наукой и философией была совершенно размыта. Сам христианский крест считался столь же действенным, как и любая магия. Епископ Анри Авраншский в XIII веке уверенно утверждал:



*«Астрологи обнаруживают тайны вещей благодаря своему искусству иметь дело с цифрами, воздействуя на движение звезд и с помощью звезд перемещающая Вселенную».*

Числа воспринимаются как реальность. Пророчество с опорой на число считалось окончательным. Появление Христа в год тысячелетия Господня ожидалось как факт, не подлежащий сомнению.



**Если факт не совпадает с его численным архетипом, в этом нет его вины.**

Самыми могущественными числами считали 3, 4, 5, 7 и 9. Число 9, например, состоит только из всесильных троек. В арабской записи оно приобрело свойства саламандры: форма изменяется и всегда восстанавливается. Из всех средневековых числовых символов немногие могут сравниться с числом 9. Данте им словно зачарован. Он приписывает это число Беатриче (Новая жизнь, XXX, 26–27):

*«Число это было столь ей свойственно потому, что при ее зачатии все девять небес находились в совершеннейшей взаимной связи».*



Структура Божественного плана еще не открылась, но проявляет себя для Данте числом 9. Данте — ученый, философ, теолог, мистик и поэт — относился к небольшой группе тех, последних, кто хорошо знал символизм чисел. На закате Средневековья числовой символ становится распространенным клише, почти лишенным значимых смыслов. На что бы ни указывал числовой символ, там обнаруживалось скопление числовых символов. Наступило время, когда формальная символизация не могла добавить ничего нового к уже сказанному. Требованием нового времени становится возврат к логическому прагматизму.

## ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЧИСЛОВЫЕ КОНСТАНТЫ

Когда-то Макс Планк открыл фундаментальную физическую константу. Эту константу назвали «постоянная Планка». Однако самое удивительное прозрение осенило его в 1900 году. Вот как Макс Планк вспоминал об этом:



*«Я сидел в своем офисе и думал: почему это у фундаментальных физических констант, таких как скорость света, гравитационная постоянная Ньютона и моя новая константа, такие неудобные значения? Скорость света составляет  $2,997 \times 10^8$  метров в секунду. Гравитационная постоянная —  $6,67 \times 10^{-11}$  кубометров в квадратную секунду на килограмм. А моя константа — еще хуже:  $6,624 \times 10^{-34}$  килограмм-квадратных метров в секунду. Почему они все такие большие или такие маленькие?»*

*И тут меня осенило! Существуют три фундаментальные единицы для измерения длины, массы и времени: метр, килограмм и секунда. Есть также три фундаментальные константы. Если изменить единицы измерения, скажем, на сантиметры, граммы и часы, численные значения всех трех констант изменятся. Например, величина скорости света станет менее удобной:  $1,08 \times 10^{14}$  сантиметров в час. Но если я использую световые годы для измерения расстояния и годы для измерения времени, то скорость света будет равна в точности 1, поскольку свет проходит один световой год за один год. Не означает ли это, что я могу придумать несколько новых единиц измерения и сделать три фундаментальные константы такими, как это удобно. Я даже могу найти такие единицы измерения, в которых все три фундаментальные физические константы будут равны единице! Это упростит множество формул. Я буду называть новые единицы измерения „естественными“, поскольку*

они основаны на физических константах. Посчитать, срочно посчитать...

А вот и мой результат: естественная единица длины составляет около  $10^{-33}$  сантиметра. Святой Бернулли! Это меньше, чем что-либо, о чем можно подумать. Новая естественная единица длины во столько же раз меньше атома ( $10^{-8}$  сантиметра), во сколько раз атом меньше Галактики!

Отлично! А что у нас с естественной единицей времени? Она получается порядка  $10^{-42}$  секунды! Это невообразимо мало.

А для единицы массы... Ага, естественная единица массы оказывается небольшой, но все же не настолько малой: около  $10^{-5}$  грамма. Примерно столько весит пылинка. Эти единицы должны иметь какое-то особое значение. Интересно, что это значит?»

Планк, сам того не осознавая, совершил поразительное открытие: масса (вещество), скорость (энергия) и время (символ) могут поменяться местами таким образом, что физические уравнения при этом не изменятся. Такое условие выполняется, например, если время заместить массой в таком отношении, в котором состоят между собой естественные планковские единицы. Это открытие позволяет сформулировать новый обобщенный принцип суперсимметрии следующим образом:

**Символ может быть замещен вещью или действием, а вещи или действия могут быть, таким образом, замещены символом, что в реальности ничего не изменится.**



Связь между символическими и физическими качествами реальности проявляет себя и не находит своего объяснения в рамках традиционной чисто физической интерпретации реальности. Возьмите Берклеевский курс физики, вы найдете то, что при первом чтении рекомендовано пропустить, — перечень фундаментальных физических постоянных — безразмерных комбинаций, не связанных друг с другом физических констант:

инвариант тонкой структуры ( $\alpha = e^2/\hbar c = \approx 1/137$ ); отношение масс электрона и протона ( $\beta = m/M \approx 1/1836$ ); гравитационная постоянная ( $\gamma = (M^2 G)/(\hbar/Mc)/(Mc^2) = 5,902 \times 10^{-29}$ ) и прочие, и прочие, и прочие.

Среди прочих есть три символические константы, которые не зависят ни от массы, ни от времени. Они являются символами символической структуры. Это знаменитые — число Фидия  $\phi$ , число Пифагора  $\pi$  и число Эйлера  $e$ .

Каждому известно со школьной скамьи, что  $\pi$  — это число, равное отношению длины окружности к ее диаметру. Не будем останавливаться на истории вычислений этого числа. Обратим внимание на то, что оно вездесуще.

✎ **Если бы премию «Оскар» присуждали числам, то, вне сомнений, больше всего «Оскаров» было бы собрано числом  $\pi$ .**

Для примера разберем одну нетривиальную ситуацию, встречающуюся в теории вероятностей. Она касается важной формулы вероятности появления случайной ошибки (или нормального закона распределения вероятностей), в которую входит число  $\pi$ . По этой формуле можно, например, вычислить вероятность падения монеты на герб 50 раз при 100 подбрасываниях. Итак, при чем здесь число  $\pi$ ? Ведь никакие круги или окружности там вроде бы не просматриваются. А суть в том, что монета падает случайным образом **в сферически симметричном** пространстве, по всем направлениям которого и должны равноправно учитываться случайные колебания. Математики так и делают, интегрируя по кругу и вычисляя так называемый интеграл Пуассона, который равен  $\sqrt{2\pi}$  и входит в указанную формулу вероятности. Наглядной иллюстрацией таких колебаний служит пример со стрельбой по мишени в неизменных условиях. Дырочки на мишени рассеяны по кругу (!) с наибольшей плотностью около центра мишени, а вероятность попадания можно вычислить по той же формуле, содержащей число  $\pi$ :

$$\pi = 3.141\ 592\ 730\ 013\ 305\ 660\ 313\ 996\ 1890\dots$$

## Закон нормального распределения

Непрерывная случайная величина  $X$  имеет нормальный закон распределения (закон Гаусса) с параметрами  $\alpha$  и  $\beta$ , если её плотность вероятности имеет вид:

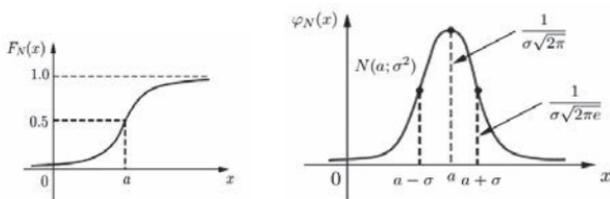
$$f(x) = \frac{1}{\beta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\alpha)^2}{2\beta^2}}$$

где:

$\beta$  – среднеквадратическое отклонение ( $\sigma$ );

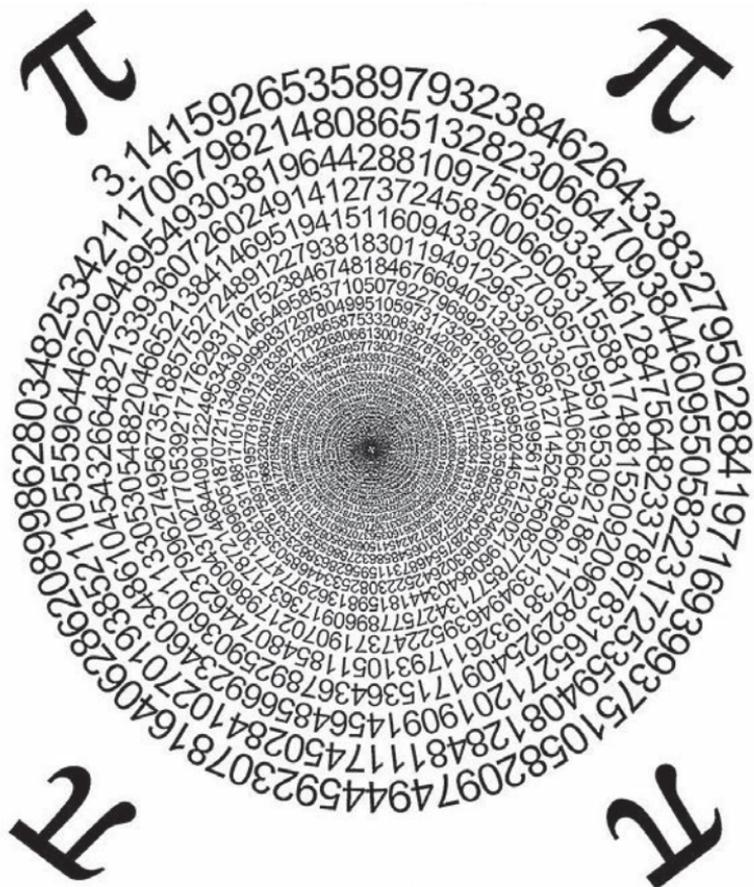
$\alpha$  – среднее ( $M$ );

$e$ ,  $\pi$  – константы



Число  $\pi$  стало культовым, стало иконой, самой знаменитой константой в науке и метафорой гармонии во Вселенной. Все изучают его в школе со второго тысячелетия до нашей эры. Для запоминания числа  $\pi$  придумано много мнемонических фраз. Например: «Кто и шутя и скоро пожелаеть пи узнать число — ужь знаеть». Или такая фраза: «Вот и знаю я число, именуемое пи». Часть прогрессивного человечества даже отмечает 14 марта как день числа  $\pi$ . Впрочем, как сообщает журнал «Nature», есть люди, которые отмечают такой же праздник 22 июля на том основании, что  $22/7$  есть число  $\pi$  в приближении Архимеда.

Во втором тысячелетии до нашей эры строители Вавилона знали, что отношение длины окружности к ее диаметру примерно равно трем. Пифагорейцы, пытаясь найти точное значение этой величины, обнаружили, что число  $\pi = 3,141\dots$  иррационально. Около 225 года до Р. Х. Архимед из Сиракуз нашел



ближайшее к числу  $\pi$  отношение натуральных чисел —  $22/7$ , или более точное —  $223/71$ . Китайские математики для расчета числа  $\pi$  использовали приближение

$$\sqrt{10} = 3.16227766016837933199,$$

которое отличается от верного значения числа  $\pi$  во втором знаке после запятой. Сриниваса Рамануджан Айенгор вывел приближенную формулу для числа  $\pi$  как отношение:

$$\pi = (9801/4412) = 3.1415927300133056603139961890\dots$$

И это приближение отличается от более точного значения  $\pi$  в шестом знаке после запятой:

$$\pi = 3,141592653589793238462643383279502884197 \dots$$

Число  $\pi$  является трансцендентальным. Последнее означает, что оно не является решением степенного алгебраического уравнения. Этот факт в 1882 году доказал Фердинанд фон Линдеманн, что положило конец многовековым поискам «квадратуры круга».

Для расчета числа  $\pi$  придумано множество алгоритмов. В одном из них ряд чисел, повторяющий ряд числа  $\pi$ , возникает как число итераций, которые уводят за пределы круга радиуса 2 значения величин фрактала Мандельброта в окрестности точки:

$$C = -0.75 + 0i.$$

В 2002 году число  $\pi$  было вычислено с точностью до 1.124.100.000.000 знаков. По-русски это звучит так:

**Один квадриллион сто двадцать четыре триллиона сто миллиардов знаков.**



Открытие основания натурального логарифма связано с е-коммерцией XVII века. В 1683 году Яков Бернулли рассмотрел проблему начисления комиссионных на комиссию.

Допустим, что вы внесли 1 рубль на свой счет в банке под 100% годовых. Через год банк начислит вам комиссию в 1 рубль, и на вашем счете будет 2 рубля. Теперь предположим, что банк начисляет вам комиссию 50% каждые полгода. Тогда через полгода на вашем счете будет 1.5 рубля, а через год —  $1.5 + 0.75 = 2.25$  рубля!

Продолжим. Пусть банк начисляет комиссию 25% ежеквартально. Тогда в конце года на вашем счете будет 2.44141 рубля. Если банк будет начислять комиссию ежемесячно, то в конце года на вашем счете будет 2.61304 рубля. Если банк будет начислять комиссию еженедельно, то в конце года на вашем счете будет 2.69260 рубля. Этот ряд можно продолжить (см. таблицу).

Период начисления комиссии	Сумма на счете в конце года
год	2,00000
полгода	2,25000
квартал	2,44141
месяц	2,61304
неделя	2,69260
день	2,71457
час	2,71813
минута	2,71828
секунда	2,71828

Самое удивительное то, что сумма на Вашем счете не будет возрастать до бесконечности, но будет приближаться к пределу, равному числу  $e$ :

$$e = 2,71828182845904523536\dots$$

Число  $e$  оказалось воистину чудесным. Леонард Эйлер, исследуя его свойства, обнаружил, что только функция  $e^x$  не изменяется при любом числе дифференцирований и интегрирований. Эйлер как бы «сомкнул» в единой формуле числа  $\pi$  и  $e$  посредством исторической формулы Эйлера в ее первоначальном виде

$$e^{i\pi} = -1.$$

В таком виде Эйлер впервые опубликовал свою экспоненту с мнимым показателем степени. Нетрудно выразить ее через косинус и синус в левой части. Тогда геометрической моделью этой формулы будет движение по окружности с постоянной по абсолютному значению скоростью, которое есть сумма двух гармонических колебаний. По физической сущности в формуле и ее модели отражаются все три фундаментальных свойства пространства-времени — их однородность и изотропность, а тем самым все три закона сохранения.

Кстати, именно в честь великого Леонарда Эйлера по первой букве его фамилии и названо число  $e$ . Между числами  $e$  и  $\pi$  много общего. И то, и другое есть числа иррациональные

и трансцендентные. Оба числа могут быть представлены как бесконечные ряды:

$$e = 1 + 1/1! + 1/2! + 1/3! + \dots \approx 2,7183\dots;$$

$$\pi = 3 (1 + 1/3 \times 2^3 + 1 \times 3/4 \times 5 \times 2^5 + \dots) \approx 3,14159\dots$$

Оба числа повсеместно встречаются в математике, физике, химии, биологии, также в экономике. Они ни к чему не привязаны. Они абстрактны. И они реальны. Числа  $e$  и  $\pi$  появляются во многих алгоритмических и стохастических процессах.

Вот, например, задача, которую в 1708 году рассмотрел французский математик Пьер Ремон де Монмор. Группа людей приходит на банкет в одинаковых шляпах. После банкета они разбирают шляпы, попавшиеся под руку. В этом нет ничего странного, ведь шляпы одинаковы. Пьер Монмор нашел, что вероятность того, что никто не возьмет свою собственную шляпу, равна  $1/e$  (около 37%). Таким образом, вероятность того, что человек из этой группы возьмет свою шляпу, равна  $1 - 1/e$  (около 63%). И эта величина близка другому, быть может, самому мистическому и наиболее известному числу — золотому сечению.

Золотое сечение — это такое пропорциональное деление отрезка на неравные части, при котором весь отрезок так относится к большей части, как сама большая часть относится к меньшей. Эту пропорцию принято обозначать буквой  $\phi$  в честь скульптора Фидия, жившего в Афинах в V веке до н. э. Фидий, открывший самое известное иррациональное число *sectia aurea* — золотое сечение, скончался в изгнании. Обвиненный противниками Перикла в том, что он присвоил часть золота для статуи Афины, а также в том, что изобразил на щите Афины среди прочих себя. Долгое время это число посвященные хранили в секрете. Платон в «Тимее» выдает свою осведомленность, но осторожно, указывая лишь принцип построения «прекраснейшей из связей»:

*«Из трех чисел при любом среднем числе первое так относится к среднему, как среднее к последнему, и соответственно последнее к среднему, как среднее к первому».*



Витрувию была известна «формула гармонии» — *module d'or*, золотой модуль: одна часть целого относится к другой, как целое к большей части. Витрувианский человек символически выражает золотую пропорцию. Леонардо Фибоначчи в «Счетной Книге» (1202) обсуждает задачу о сложных процентах, известную как «задача о кроликах». Сколько крольчат родится в течение года от одной пары кроликов в предположении, что каждый месяц каждая пара рождает другую пару и что кролики начинают рожать с двухмесячного возраста? Фибоначчи доказывает, что в этом случае потомство исходной пары к концу года достигнет 233 пар. Дальше Леонардо допускает нечто чудесное: кролики не умирают и не теряют способности к воспроизводству. При таких допущениях популяция кроликов возрастает ничем неограниченно. Вначале первая пара кроликов не будет размножаться до второго месяца. К четвертому месяцу начнут размножаться их первые двое отпрысков.

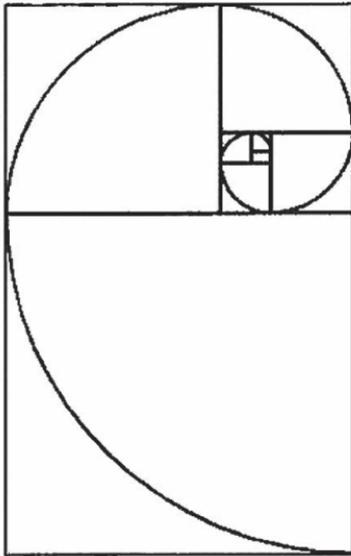
Коль скоро процесс продолжится, число пар кроликов в  $n$ -м поколении описывается последовательностью Фибоначчи

$$\Phi_{(n+1)} = \Phi_{(n)} + \Phi_{(n-1)}:$$

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584...

Здесь каждое последующее число является суммой двух предыдущих. Разделив каждое из них на предыдущее, как мы уже видели, по мере удаления от начала ряда, мы будем получать все более точное приближение к «золотой пропорции»  $\phi$ . Значение золотой пропорции трудно переоценить в силу того, что она встроена в морфологию всего живого в той мере, в которой ряд Фибоначчи моделирует рост популяций и кластеров живых клеток. По мере развития последних отношение численности прироста кластера составляет величину, равную  $\phi$ . В таком случае вовсе не удивительно то внимание, с которым относились к золотой пропорции архитекторы, художники и ученые.

Леонардо да Винчи совсем не на ровном месте пришел к пропорциям «витрувианского человека». История эта начинается, быть может, с того, что известный итальянский художник и геометр Пьеро делла Франческа чудесным образом был осведомлен о привлекательности золотой пропорции для



Слева: геометрия «золотого сечения»  
Справа: Пьеро делла Франческа. Крещение Христа. Около 1450 г.  
Национальная галерея, Лондон

человеческого восприятия, что выдает композиция его картины «Крещение Христа», например.

Его ученик Лука Пачоли, профессор университета города Перуджи, в «Сумме арифметики, геометрии, учении о пропорциях и отношениях» (1494) изложил знания учителя, на него не сославшись. В 1496 году Лука Пачоли читает лекции в университете Милана по приглашению герцога Людовика Сфорца. Здесь судьба сводит его с Леонардо да Винчи. В 1509 году они в соавторстве издают фолиант ин-кварто «De divina proportione» — «О Божественной пропорции». В этом трактате Божественная пропорция, выраженная числом  $\phi$ , представляется основой гармонии и соразмерности в мире. В трактате читаем:

*«И наша пропорция для всякой непрерывной и определенной величины одна и та же, велики или малы эти части, никаким образом не может быть ни изменена, ни по-иному воспринята... Подобно тому, как Бог не может быть ни определен, ни словом разъяснен, наша пропорция не может быть выражена ни доступным нам числом, ни какой бы*



*то ни было рациональной величиной, и остается скрытой и тайной и поэтому математиками названа иррациональной».*

Многие работы Леонардо да Винчи по исследованию анатомии человека, лошади, птицы были мотивированы поиском порядков, кодом которых служила Божественная пропорция. После Леонардо Божественная пропорция стала каноном художников, скульпторов и архитекторов эпохи Возрождения.

Величина золотого сечения с точностью до сорока знаков после запятой равна:

$$\phi = 1,61803\ 39887\ 49894\ 84820\ 45868\ 34365\ 63811\ 77203\dots$$

Рассмотренные выше числовые константы говорят о некоей логике, о некоей структуре, существующей в природе вещей.

## ГЛАВА II.

### СИМВОЛ КАК СТРУКТУРА



- Символы логических операций
- Абстрактная симметрия Эвариста Галуа
- Символические матрицы
- Символическая динамика
- Суперлогика и суперфракталы
- Символическая петля
- Странный аттрактор
- Теорема Гёделя о неполноте
- Символ как структура



## СИМВОЛЫ ЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Начиная с эпохи Возрождения европейские ученые ставят под символический контроль логические операции. Знаки плюса и минуса (+, −) придумали, по-видимому, в немецкой математической школе «коссистов» (т. е. алгебраистов). Они используются в «Арифметике» Иоганна Видмана, изданной в 1489 году. Знак умножения ввел в 1631 году Уильям Отред (Англия) в виде косоугольного крестика (×). До него использовали букву **M**. Позднее Лейбниц заменил крестик на точку, чтобы не путать его с буквой **x** (1698); до него такая символика встречалась у немецкого астролога, астронома и математика Региомонтана (XV в.) и английского ученого Томаса Хэрриота (1560–1621). Для деления Отред использовал косую черту (/). Двоеточием деление стал обозначать Лейбниц (:). До них часто использовали также букву **D**. Начиная с Фибоначчи, используется также черта дроби, употреблявшаяся еще в арабских сочинениях. В Англии и США распространение получил символ ÷ (обелюс), который предложили Йоханн Ран и Джон Пелл в середине XVII века. Равенство Диофант обозначал буквой **i** (от греч. *isos* — равный). Современный знак равенства (=) предложил Роберт Рекорд в 1557 году. Он пояснил, что нет в мире ничего более равного, чем два параллельных отрезка одинаковой длины. Знаки сравнения (<, >) ввел Томас Хэрриот в своем сочинении, изданном посмертно в 1631 году. До него писали словами: больше, меньше. Символ процента (%) появляется в середине XVII века сразу в нескольких источниках, его происхождение неясно. Есть гипотеза, что он возник от ошибки наборщика, который сокращение *cento* (сотая доля) набрал как 0/0. Более вероятно, что это скорописный коммерческий значок, возникший лет

на 100 раньше. А вот знак «скобки» (круглые скобки впервые появились у Тартальи (1556) для подкоренного выражения) в общее употребление ввел Лейбниц совершенно осознанно и преднамеренно.

Математический символ появляется целенаправленно или по случаю как сократительный знак, но знак, прилаженный ко всей системе уже существующих математических знаков. Кроме того, знак этот должен быть и четким (хорошо отличимым), и простым (удобным в отображении). В этом плане математический символ напоминает иероглиф. Иногда проходят сотни лет, прежде чем вырабатывается тот или иной удобный для исчисления символ.

### **В эпоху Возрождения под символический контроль попадают процессы и операции.**

Так, эволюция знака радикала (квадратного корня) продолжалась 500 лет. Вслед за Леонардо Пизанским многие обозначали квадратный корень знаком  $\mathcal{R}_x$  (от лат. *radix* — корень). Знак корня ( $\sqrt{\quad}$ ) впервые употребил немецкий математик Кристоф Рудольф из школы коссистов в 1525 году. Происходит этот символ от стилизованной первой буквы слова *radix* (корень). Для обозначения корней высших степеней различные ученые то писали этот знак несколько раз подряд, то ставили после него букву — сокращение наименования показателя, то — соответствующую цифру в кружке или с круглой или квадратной скобкой, чтобы отделить ее от подрадикального числа. Черта над подкоренным выражением вначале отсутствовала; ее позже ввел Декарт в 1637 году для иной цели (вместо скобок), и эта черта вскоре слилась со знаком корня.

Современная запись показателя степени введена Декартом в его «Геометрии» (1637), правда, только для натуральных степеней, больших 2. Позднее Ньютон распространил эту форму записи на отрицательные и дробные показатели (1676).

Скобки появились у Тартальи (1556) для подкоренного выражения, но большинство математиков предпочитали вместо скобок надчеркивать выделяемое выражение.

Символ бесконечности ( $\infty$ ) в 1655 году придумал и впервые использовал английский математик Джон Валлис в трактате

«О конических сечениях». Общепринятый символ факториала ( $n!$ ) предложил француз Кристиан Крамп (1808).

Общепринятое обозначение числа  $\pi = 3.14159\dots$  (греческую букву  $\pi$ ) образовал британский (валлийский) математик Уильям Джонс в 1706 году, взяв первую букву греческих слов  $\text{περίφερα}$  — окружность и  $\text{περίμετρος}$  — периметр, т. е. длина окружности. Знак суммы ( $\Sigma$ ) ввел Эйлер в 1755 году. Он же в 1777 году предложил букву  $i$  для обозначения мнимой единицы, как первую букву слова *imaginarius* (мнимый).

Обозначение интеграла ( $\int$ ) Лейбниц произвел в 1675 году от первой буквы слова «сумма» (*summa*). Краткое обозначение производной штрихом ( $y'$ ) восходит к Лагранжу. Символ предела ( $\lim, \rightarrow$ ) появился в 1787 году у швейцарца Симона Люилье.

Символическое описание процессов достигает своей высшей точки, когда в XVIII веке появилось дифференциальное исчисление.

Одновременно с Исааком Ньютоном свою версию дифференциального исчисления сформулировал Готфрид Вильгельм Лейбниц. Лейбниц наслаждался бесконечно малыми величинами. Там, где Ньютон писал  $0x$ , Лейбниц писал  $dx$  — бесконечно малый кусочек  $x$ . Лейбниц писал без утайки  $dy/dx$ . Дифференциалы Лейбница имели запретную природу —  $0/0$ , которая смущала Ньютона. Лейбница это совершенно не тревожило. У него была почти религиозная приязнь к нулю. Он создал двоичную систему, доказав, что любое число может быть записано как ряд нолей и единиц. Он верил, что Вселенная была создана из ничего — *ex nihilo*. Бог — 1. Пустота — 0. Он даже пытался убедить иезуитов использовать это знание для обращения китайцев в христианство.

Яростная тяжба между Лейбницем и Ньютоном за первенство в открытии дифференциального исчисления разделила европейских математиков на два лагеря. Англичане держались за ньютоновские флюксии, а континентальные математики — за более удобный формализм Лейбница. Однако оба лагеря соглашались в том, что  $0/0$  — это проблема.

Проблему снял один из богатейших людей Франции маркиз Гийом-Франсуа-Антуан де Лопиталь. Он начал рано интересоваться математикой и нанял себе лучшего учителя, которого только можно было нанять за деньги. Им стал швейцарский

математик Иоганн Бернулли, который к этому времени, а дело было в 1692 году, освоил в совершенстве лейбницевское исчисление бесконечно малых. Лопиталь увлекся новым математическим методом и побудил Бернулли за деньги сообщать ему обо всех новых математических достижениях, «чтобы маркиз мог делать с ними, что пожелает». Маркиз пожелал издать учебник «Анализ бесконечно малых». Учебник вышел в свет в 1696 году. Лопиталь не только изложил основы математического анализа, но добавил знаменитое новшество, известное как правило Лопиталя.

Правило Лопиталя гласит, что значение отношения функций равно производной верхнего выражения, деленной на производную нижнего выражения. Это правило можно применить вблизи нуля. Например, рассмотрим выражение  $x/\sin x$ , когда  $x = 0$ . При  $x = 0 \sin x = 0$ . Выражение принимает вид  $0/0$ . Используем правило Лопиталя. Производная  $x$  — это 1. Производная  $\sin x$  — это  $\cos x$ . При  $x = 0 \cos x = 1$ . Таким образом, все выражение равно  $1/1 = 1$ . Теперь отношение  $0/0$  стали называть неопределенностью, поскольку в зависимости от характера функций оно могло принимать различные значения.

Отметим, что Лопиталь исследовал функциональное отношение  $0/0$  с помощью функциональных инструментов. Эту логическую линию довел до предела Жан Лерон Даламбер, и позднее ее формализовали Огюстен Луи Коши, Бернард Больцано и Карл Вейерштрасс. Суть этого логического формализма в том, что бесконечная сумма

$$1 + 1/2 + 1/4 + 1/8 + \dots + 1/2^n$$

может быть записана как

$$\lim(1 + 1/2 + 1/4 + 1/8 + \dots + 1/2^n)$$

при  $n$ , стремящемся к бесконечности. Поставив перед рядом знак  $\lim$ , мы отделили процесс от его результата. Каждая частичная сумма под знаком  $\lim$  конечна. К каждому конечному числу применимы все правила арифметики — сложение, вычитание, деление, умножение и т. д. После того как все арифметические операции выполнены, определяется предел числового ряда. Иногда его не существует. Например, сумма ряда  $1 - 1 + 1 - 1 + 1 \dots$  предела

не имеет. Величина частичных сумм колеблется между 0 и 1. Этот логический переход позволил Даламберу утверждать:

*«Количество — это что-то или ничто; если это что-то, оно еще не исчезло; если это ничто, оно буквально исчезло. Предположение, что имеется промежуточное состояние между этими двумя, — химера».*



Фактически дело вот в чем. Природа говорит уравнениями. Правила математики сложились из обычных (уравнений первого уровня): измерения земельных участков или подсчета поголовья овец. Ньютон перешел к дифференциальным уравнениям. Они представляют собой уравнения второго уровня. Обычное уравнение подобно машине. Вы скармливаете машине числа, а машина выбрасывает число — ответ. Дифференциальное уравнение тоже похоже на машину. Но на этот раз вы вводите в машину уравнения, а получаете новые уравнения. Дифференциальное уравнение, таким образом, управляет системой уравнений.

Математический символизм постепенно отрывался от арифметики и от геометрии и смещался в сторону собственно логики. В 1847 году два британских ученых одновременно и независимо друг от друга опубликовали труды, которые впервые со времен Аристотеля были посвящены собственно самому логическому процессу.

Один из этих ученых — профессор Университетского колледжа Лондона Огастес Де Морган был другом Чарльза Бэббиджа (изобретателя первой аналитической вычислительной машины) и учителем Ады Лавлейс (которую принято называть первой программисткой). Второй — Джордж Буль, сын сапожника и горничной из Линкольншира, ставший к 1840 году профессором Королевского колледжа Корка. Де Морган лучше разбирался в схоластических традициях логики, а Буль более свободно чувствовал себя в математике. Буль назвал свою систему «математикой без цифр».

Он писал:

*«Факт в том, что основные законы логики являются математическими по форме и выражению, хотя не принадлежат математике величин».*



Буль предложил единственными допустимыми цифрами сделать ноль и единицу. Всё или ничто. До этого момента логика относилась к философии. Буль перевел предмет логики в русло математики. Вот суть булевой «математики без величин» в его собственном изложении:



*«Язык есть инструмент человеческого мышления, а не только способ выражения мыслей. Элементами, из которых состоит язык, являются знаки или символы. Слова есть знаки. Иногда их произносят, чтобы обозначить вещи, иногда — операции, с помощью которых разум соединяет простые понятия вещей в сложные концепции. Слова... не единственные знаки, которыми мы можем пользоваться. Произвольные отметки, что-то говорящие только глазу, и произвольные звуки или действия... имеют ту же природу, что и знаки».*

Простая логика содержит два элемента: 0 («ложь») и 1 («истина») и две операции: « $\vee$ » («и») и « $\wedge$ » («или»). Логика подчиняется правилам булевой алгебры.

В элементарной алгебре:

$$\begin{aligned}1 + 0 &= 1 \\0 + 1 &= 1 \\1 + 1 &= 2.\end{aligned}$$

В булевой алгебре:

$$\begin{aligned}1 \vee 0 &= 1 \\0 \vee 1 &= 1 \\1 \vee 1 &= 1.\end{aligned}$$

Сумма считается истинной, т. е. равной единице, если хоть одно из слагаемых истинно. Если оба складываемых высказывания истинны, то сумма считается также истинной. Весь наш жизненный опыт говорит, что сказать нечто истинное дважды есть лишь более длинный способ сказать истину один раз.

Процедура кодирования в логике позволила исключать слова, поскольку они часто содержат двойной смысл и уязвимы для случайных и непредсказуемых интерпретаций. Ведь утверждали Бертран Рассел и Альфред Норт Уайтхэд в «Principia Mathematica», что

*«в отличие от слов, символы позволяют составлять абсолютно точные выражения».*



Буль очистил процесс логического мышления от случайных трактовок и двочтений.

**Булевы символы стали чем-то вроде маленьких капсул, защищавших хрупкое понятие от пересечения мысленных потоков.**



Буль открыл плотину. Теперь логические символы, так называемые кванторы, стали сыпаться как из рога изобилия. Вот некоторые из них:  $\cap$  — объединение,  $\Rightarrow$  — следует,  $\Leftrightarrow$  — равносильно,  $\perp$  — ортогонально,  $\parallel$  — параллельно,  $\forall$  — общность (читается «для любого», «для каждого»),  $\exists$  — существование (читается «существует»).

Основными объектами, которые изучает математическая логика, являются высказывания или суждения. В математике под высказыванием подразумевается любое предложение, в отношении которого можно однозначно сказать, истинно (1) оно или ложно (0). Высказываний может быть великое множество. Множество само по себе есть важное абстрактное понятие. Математики понимают под множеством набор чего угодно.

Например,  $V$  — множество цветов радуги:

$V = \{\text{красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый}\}.$

Если между элементами двух множеств удастся установить соответствие, то говорят, что задано отображение множеств. Пример — Табель о рангах Петра I (закон о порядке государственной службы в Российской империи), в котором каждому

военному чину ставился в соответствие гражданский чин (капитан — титулярный советник, фельдмаршал — канцлер). Если каждому элементу множества  $A$  ставится в соответствие только один элемент множества  $B$ , то о таких соответствиях говорят как о функциях. Если  $X$  — элемент множества  $A$ ,  $Y$  — элемент множества  $B$ , то это соответствие записывается в символическом виде, как уравнение:

$$Y = f(X).$$

Яков Эммануилович Голосовкер пишет:



*«Самая поразительная и самая потрясающая революция, которая произошла в XX веке, та, что мы не сможем более выражать наше знание о мире и о нас самих только средствами человеческой речи, словесно... В точных науках мы уже выражаем наше знание условными знаками: числами или математическими формулами. Уравнения выражают истину...»*

Уравнение есть некая символическая конструкция. Любое уравнение может быть записано с помощью знаков (цифр, букв и их комбинаций) или представлено геометрически. Физики используют уравнения как язык описания природы, и этот язык постоянно пополняется новыми уравнениями по мере того, как ученые обнаруживают новые «слои» физической реальности. Собственно, само слово «уравнение» происходит от слова «уровень», так же как и его латинский аналог *aequare* (лат. уровень). Уравнение — символическая запись, содержащая информацию о структуре связей. Набор уравнений одного уровня формируют согласованную систему уравнений — своего рода символическую страту. Далее мы можем говорить о системах, состоящих из систем уравнений.



**Множество всех систем уравнений, всех символических записей о структуре связей естественно назвать символической сверхстратой или на интернациональном языке суперстратой.**

## АБСТРАКТНАЯ СИММЕТРИЯ ЭВАРИСТА ГАЛУА

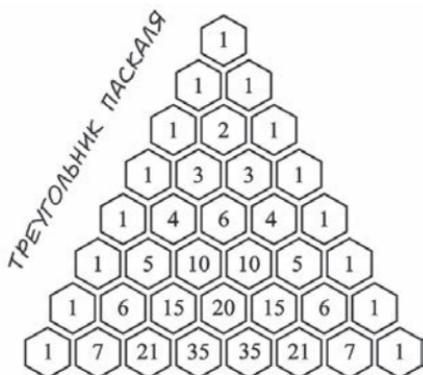
Эварист Галуа — политический революционер, одержимый математикой. Он совершил революционный переворот в математике. Он сделал смелый шаг от символизации вещей к символизации процессов. Переход на новый уровень абстракции Галуа совершил как переход от симметрии форм — к симметрии операций (групп перестановок). В руках Галуа математика перестала быть наукой о числах и формах. Она стала наукой о структурах. То, что было исследованием вещей, стало исследованием процессов.

Галуа изобрел новый язык, позволяющий описывать симметрии в математических структурах. Сегодня этот язык называется теорией групп. Теория групп — это комбинаторика чистых символов — абстрактных и бестелесных. Сам Галуа это отлично понимал:

*«Здесь я занимаюсь анализом анализа».*



Группы Галуа стоят в одном ряду с «новыми расположениями» чисел Паскаля и «номенклатурами» Лавуазье. Паскаль, защищая новизну представления неизвестных ранее связей в целом и «треугольника Паскаля» в частности, писал (Предисловие к «Мыслям»):





*«Пусть не говорят, что я не сделал ничего нового. Новое — в расположении материала. Когда двое играют в лапту, оба пользуются одним и тем же мячом. Но один из них находит для него лучшее положение».*

Настоящий исследователь открывает в первую очередь не новые объекты, а новый формат описания связей между ними — новый язык. Галуа разработал новый язык — теорию групп. И этот новый математический язык мог оказаться утраченным 13 мая 1832 года. То, что случилось, Андре Дальма описал лаконично («Эварист Галуа: революционер и математик»):



*«В тот день в рассветной дымке два молодых француза стоят друг против друга с пистолетами в руках. Дуэль — из-за молодой женщины. Выстрел. Один из двух падает на землю смертельно раненным. Ему всего двадцать один год. Перитонит убивает его через два дня, и его хоронят в общей могиле».*

Только четырнадцать лет спустя (1846 г.) все сохранившиеся работы Галуа (60 страниц рукописи) были разобраны, опубликованы и прокомментированы профессором Политехнической школы Жозефом Лиувиллем. В языке, разработанном Галуа, три ключевых слова: «перестановка», «группа» и «поле».

Перестановка — это способ переупорядочить список объектов. Например, кубическое уравнение имеет три корня

$a, b$  и  $c$ .

Есть шесть способов переставить эти символы в ряду:  $abc$ ,  $acb$ ,  $bac$ ,  $bca$ ,  $cab$  и  $cba$ . Возьмем одну из перестановок, скажем,  $cba$ . Прежде всего, это просто упорядоченный список из трех символов. Однако его также можно рассматривать как правило переупорядочивания исходного списка  $abc$  — его «зеркальное обращение». Еще пример. Представим кристалл с простейшей кубической решеткой и будем преобразовывать (вращать, отражать и т. д.) его элементарную ячейку (куб) таким образом, чтобы после преобразования она совмещалась сама с собой. Пронумеруем вершины куба в исходном состоянии цифрами

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; тогда после преобразования каждая вершина перейдет в какую-то другую, что удобно указать с помощью перестановки. При этом каждому преобразованию — например, повороту вокруг пространственной диагонали (ось третьего порядка) или отражению в плоскости, проходящей через середины четырех вертикальных ребер куба, — будет соответствовать своя перестановка. Обозначим преобразования и соответствующие им перестановки буквами  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и т. д. Назовем композицией или произведением двух преобразований  $A$  и  $B$  такое третье преобразование:  $C = AB$ , которое равносильно последовательному выполнению сначала операции  $A$ , а затем операции  $B$ . Строго говоря, композиция  $AB$  может не удовлетворять коммутирующему закону, т. е.  $AB$  не равно  $BA$ . Но если мы вернемся к кубу, то легко выясним, что он переходит сам в себя при сорока восьми преобразованиях (считая с отражением в центре инверсии). Каждому такому преобразованию соответствует определенная перестановка.

Понятие группы возникло незадолго до работ Галуа. Группа — это совокупность предметов, имеющих определенные общие свойства. Пусть, например, в качестве таких предметов взяты действительные числа. Общее свойство группы действительных чисел состоит в том, что при умножении любых двух элементов этой группы мы получаем также действительное число. Вместо действительных чисел в качестве «предметов» могут фигурировать изучаемые в геометрии движения на плоскости. В таком случае свойство группы заключается в том, что сумма любых двух движений дает снова движение.

На языке формальной математики группой называется множество  $G$ , на котором задана алгебраическая операция, сопоставляющая каждому двум элементам из  $G$  третий элемент, также принадлежащий  $G$ , причем выполняются следующие требования: операция ассоциативна, т. е.

$$(AB)C = A(BC);$$

множество  $G$  содержит единичный элемент

$$E : AE = EA = A;$$

для всякого  $A$  из  $G$  существует такой обратный элемент  $A^{-1}$  (т. е.  $A$  в минус первой степени), что

$$AA^{-1} = A^{-1}A = E.$$

Под полем в алгебре понимается множество  $K$  с двумя операциями, называемыми сложением и умножением, причем относительно сложения оно является коммутативной группой, а относительно умножения его элементы, отличные от нулевого, также составляют коммутативную группу. Кроме того, в  $K$  выполняется обычное правило раскрытия скобок:

$$(A + B)C = AC + BC.$$

В качестве примера укажем, что множества рациональных чисел, вещественных чисел и комплексных чисел являются полями.

Галуа разработал новый язык для решения задачи «древней и почтенной». Он определил критерий разрешимости уравнений в радикалах. Каждому из нас еще на школьной скамье приходилось решать уравнения первой и второй степени. Решить уравнение — это значит найти, чему равны его корни. Если для алгебраического уравнения существуют формулы, непосредственно выражающие корни уравнения через коэффициенты, то говорят, что оно разрешимо в радикалах.

Уже в древности сформировалась потребность решать алгебраические уравнения, ибо к ним сводятся разнообразные проблемы естествознания, инженерии и практических вычислений. С линейными и квадратными уравнениями были знакомы уже в Двуречье, за две тысячи лет до н. э. В IX веке н. э. в сочинении Мухаммеда аль-Хорезми «Аль-джебр аль-мукабала» излагаются общие правила решения линейных и квадратных уравнений, которые фактически эквивалентны известным нам формулам в их современной записи. Разумеется, многим математикам приходила мысль найти аналогичные формулы для уравнения общего вида (т. е. степени  $n$ ). Однако даже для кубического уравнения задача оказалась весьма непростой, и лишь в XVI веке итальянским математикам удалось добиться успеха и построить формулы для уравнений с  $n = 3$  и  $n = 4$ . Затем, вплоть до начала XIX века, математики упорно искали методы разрешения в радикалах уравнений степени выше четвертой, однако на протяжении почти трех столетий проблема не поддавалась их усилиям.

Как гласит основная теорема алгебры, всякое алгебраическое уравнение  $n$ -й степени имеет  $n$  корней (т. е. всякий полином  $n$ -ой степени может быть разложен на  $n$  линейных множителей). Среди корней такого полинома могут встречаться как вещественные,



ЭВАРИСТ  
ГАЛУА

КВАДРАТНОЕ УРАВНЕНИЕ  
 $ax^2 + bx + c = 0$

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$



ДЖЕРОЛАМО  
КАРДАНО

КУБИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ  
 $x^3 + px^2 + x = 0$

ФОРМУЛА КАРДАНО

$$x = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3}}$$

так и попарно сопряженные комплексные числа. Общеизвестными частными случаями являются уравнения первой, второй и третьей степени (линейное, квадратное и кубическое).

Самые изощренные попытки найти корни уравнения степени  $n$  при  $n > 4$  терпели неудачу. В конце концов в среде математиков возникло мнение, что всеобъемлющей формулы вообще не существует и, следовательно, задача не имеет решения. Однако подобный подход ставил проблему на совершенно иной уровень: требовалось не найти некоторый способ доказать, что решения не имеется в принципе.

В 1824 году молодой норвежский математик Нильс Генрик Абель, опираясь на некоторые идеи Лагранжа, доказал, что алгебраические уравнения степени выше четвертой в общем случае неразрешимы в радикалах. Эта теорема Абеля стимулировала работы юного Галуа, к описанию которых мы и переходим.

Галуа переформулировал задачу следующим образом: найти критерий разрешимости уравнений в радикалах, т.е. определить необходимые и достаточные условия, которые позволяли бы судить, решается ли данное уравнение в радикалах или нет.

Уже в случае уравнений третьей степени это совсем не так просто. Галуа же изучал самый общий случай уравнения произвольной степени. Каждый из нас может взять лист бумаги, записать такое общее уравнение и обозначить его корни какими-нибудь буквами. Однако эти корни, разумеется,

являются неизвестными. Первое из открытий Галуа состояло в том, что он уменьшил степень неопределенности их значений, т. е. установил некоторые из «свойств» этих корней. Второе открытие связано с методом, использованным Галуа для получения этого результата. Вместо того чтобы изучать само уравнение, Галуа связывал с ним некоторую группу операций и доказывал, что свойства уравнения отражаются на особенностях данной группы. Поскольку различные уравнения могут иметь одну и ту же группу, достаточно вместо этих уравнений рассмотреть соответствующую им группу. Из каких бы «предметов» ни состояла группа (из чисел, движений или операций), все они могут рассматриваться как абстрактные элементы, не обладающие никакими специфическими признаками.

Галуа обнаружил, что произведение любых перестановок из списка корней алгебраического уравнения само является перестановкой этого уравнения. Именно такой набор перестановок Галуа назвал «группой». Итак, если взять некоторое кубическое уравнение, можно задаться вопросом о его симметриях — тех перестановках, которые сохраняют все алгебраические соотношения между корнями. Нахождение того, какие перестановки являются симметриями этого уравнения, представляет собой технически сложное упражнение. Но есть то, в чем можно быть уверенным без всяких вычислений. Набор всех симметрий любого заданного уравнения должен быть подгруппой в группе всех перестановок корней. Почему? Предположим, например, что перестановки  $P$  и  $R$  сохраняют все алгебраические отношения между корнями. Если к некоторому алгебраическому уравнению применить  $R$ , то получится верное соотношение. Если применить  $P$ , то снова получится верное соотношение. Теперь, если применить  $R$ , а затем  $P$ , — это то же самое, что применить  $P$ , а затем —  $R$ . Следовательно,

$$PR = RP,$$

то есть  $PR$  является симметрией. Другими словами, набор симметрий обладает групповым качеством. Все это Эварист Галуа понял к 20 годам. Это, собственно, и есть то, что сделал Галуа. Он открыл, что с любым алгебраическим уравнением связана некая группа симметрии. Ее называют группой Галуа.

Самый простой способ получить группу какого-либо уравнения состоит в использовании свойств его корней.

Шесть симметрий  
равностороннего  
треугольника



Поворот на прямой  
угол не является  
симметрией  
равностороннего  
треугольника



Поворот на  $120^\circ$   
является симметрией  
равностороннего  
треугольника



Перестановка  $QU$



Но дело в том, что мы не знаем, каковы эти корни. В этом страшная правда: нет никакого способа определить, можно ли решить уравнение в радикалах с использованием методов, доступных Гаула. Главнейшее после Гаула продвижение состояло в разработке способов вычисления группы Гаула. Последователи Гаула быстро осознали, что соотношения между группой и симметрией намного легче понять в геометрическом контексте.

Для равностороннего треугольника можно представлять себе единичный элемент как вращение на  $0^\circ$ . На рисунке изображены результаты применения шести симметрий к равностороннему треугольнику. Это в точности шесть различных способов, которыми вырезанный из картона и вынутый из плоскости треугольник можно наложить на его исходное положение. Пунктирные линии показывают, где надо расположить зеркало, чтобы получить требуемое отражение. Теперь покажем, что симметрии — это часть алгебры. Для этого сделаем то же, что сделал бы любой алгебраист: выразим все в символах. Обозначим шесть симметрий буквами  $I, U, V, P, Q, R$  как на рисунке. Единичный элемент — это  $I$ ; два другие вращения суть  $U$  и  $V$ , а три отражения —  $P, Q$  и  $R$ . Теперь следует определить само понятие симметрии. До Гаула это понятие было довольно расплывчато. После Гаула возник простой ответ:

## ☞ Симметрия — это преобразование, которое сохраняет структуру объекта.

Симметрия — это специальный вид преобразований. Это некоторый способ «шевелить» объект. Если объект выглядит неизменным после преобразования, то данное преобразование представляет собой симметрию. Например, квадрат выглядит так же, как раньше, если его повернуть на  $90^\circ$ . Или на  $180^\circ$ . Объекты имеют много симметрий. Симметрия, таким образом, обладает двойственностью. Это и объект (форма), и процесс (процедура). В определении симметрии есть три ключевых слова: «преобразование», «структура» и «сохраняет». Симметрии всегда образуют группу, но имеется много разных способов, которыми группа может действовать. Она может действовать параллельными переносами или вращениями, перестановками элементов или изменением управления времени.

Рассмотрим для примера симметрию поворота треугольника. Если повернуть треугольник на  $360^\circ$ , то все вернется в точности туда, где было. А в теории групп важен конечный результат, а не путь, которым к нему пришли. На языке симметрий две симметрии считаются одинаковыми, если они приводят к одному и тому же конечному состоянию объекта. Поскольку  $VU$  дает тот же эффект, что тождественное преобразование, мы заключаем, что  $VU = I$ . На рисунке приведен пример преобразования  $UQ$ , показанного на рисунке. Мы видим, чему равен результат перемножения симметрий: он равен  $P$ . Значит,

$$UQ = P.$$

Английский юрист и математик Артур Кэли открыл, что любое линейное преобразование можно связать с матрицей — квадратной таблицей из чисел. Любое линейное преобразование трехмерного, например, пространства можно задать, записав таблицу размером 3 на 3 из вещественных чисел. Так что преобразования можно свести к алгебраическим вычислениям.

Взглянем на симметрии треугольника с этой точки зрения. Вместо размещения разных кружков по углам треугольника можно расставить там символы  $a, b, c$ , соответствующие корням общего кубического уравнения. Тогда становится очевидным, что каждая симметрия треугольника также переставляет эти символы. Напри-

мер, вращение  $U$  отправляет  $abc$  в  $cab$ . Шесть симметрий треугольника естественно соответствуют шести перестановкам корней  $a$ ,  $b$ ,  $c$ . Более того, произведение двух симметрий соответствует произведению соответствующих перестановок. Но вращения и отражения в плоскости являются линейными преобразованиями — они сохраняют прямые линии. Так что мы по-другому интерпретировали группу перестановок — представили ее как группу линейных преобразований, или, что то же самое, как некую группу матриц. Эти идеи ведут к глубоким следствиям как в математике, так и в физике.

Английский математик Иэн Стюарт в книге «Истина и красота: всемирная история симметрии» так иллюстрирует этот вид симметрии:

*«Представьте себе, что вы попали в другую страну — назовем ее Дупляндия. Валютой в Дупляндии является пфуннинг, а обменный курс два пфуннинга за доллар. В пфуннингах все стоит ровно в два раза дороже, чем в долларах. Тут действует некий вид симметрии. Законы денежных трансляций остаются неизменными, если удвоить все числа. Эта „инвариантность относительно монетарного масштаба“ представляет собой глобальную симметрию правил, действующих для денежных платежей. Пусть через границу в соседней Трипликации местной валютой является буддл, причем их дают три за доллар. Соответствующая симметрия потребует умножения всех сумм на три. Но законы коммерции по-прежнему останутся инвариантными. Таким образом, перед нами симметрия, которая изменяется в зависимости от места. Такие симметрии лучше бы назвать локальными симметриями, выбор слова калибровочный — историческая случайность».*



А немецкий математик Феликс Клейн предложил рассматривать геометрию как

*«изучение свойств пространства, инвариантных относительно некой заданной группы преобразований».*



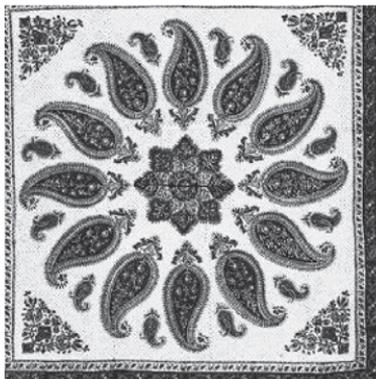
## СИМВОЛИЧЕСКИЕ МАТРИЦЫ

Вещественная суперстрата объединяет все страты вещества: элементарные частицы, атомы, молекулы, метеориты, планеты, звезды, галактики и скопления галактик. Динамическая суперстрата состоит из страт поведения: флуктуации, пульсации, вибрации, вращение и перемещение. Организация вещества и взаимодействий представляет собой символическую матрицу, которая организует случайные возмущения. Так, случайные песчинки попадают в воронку с ситом и на выходе из воронки образуют регулярную систему предопределенных структурой сита холмов. Все дело в сите. Сито — это простая матрица. В реальной жизни мы сталкиваемся не только с вещественными матрицами, не только с операциональными матрицами типа уже описанных каталитических циклов Манфреда Эйгена, но часто — с символическими матрицами.

Цифровые таблицы были частью книжного дела еще до начала эры книгопечатания. В IX веке в Багдаде Абу Абдаллах Мухаммад ибн Муса аль-Хорезми придумал и свел в таблицу тригонометрические функции. Их многократно переписывали от руки. Они распространялись на Запад — в Европу, и на Восток — в Китай.



**Печать сделала таблицы тем, чем они являются, — символическими матрицами.**



*Процесс нанесения набивного рисунка на ткань с помощью деревянного штампа — калеба*



В своем исходном значении латинское слово «*matrixis*» означает «штамп». В Персии — это калев из грушевого дерева, с помощью которого печатают изысканные узоры на тонкой ковровой ткани. Операция проста и незамысловата: калев погружают в краску, прикладывают к уже отпечатанному черновому контуру, ударяют рукой по калеву, и всё — фрагмент обрел предметную реальность. Сам процесс неизменен, разнообразие узоров, составленных из фрагментов, неисчислимо.

Землемеры и торговцы, астрологи и мастера чеканных монет, измерители гобеленов и винных бочонков знали и ценили книги-справочники — «числовые книги». В 1582 году Симон Стевин составил «*Tafelen van Interest*» — сборник таблиц расчета процентов для банкиров и ростовщиков. Последние знали цену этим таблицам. Те же, кто эти таблицы составляли, находили удовольствие в самом процессе вычислений и любовании стройными и точными рядами цифр. Многим людям математика дается нелегко, но тем, кто ее любит, вычисления доставляют истинное удовольствие, которое выходит за рамки полезности и переходит в область эстетики.

*«Гляди, вот восторженный арифметик! Удовлетворяясь немногим, он не требовал ни брюссельских кружев, ни шестерни лошадей с кучером».*



Это писал Эли де Жонкур в 1762 году, превознося удовольствие от вычисления «чисел для чисел», без всякой практической нужды или потребности. Сам Жонкур выпустил небольшой том в четверть листа, в котором были собраны первые

19999 «треугольных чисел». Числа были просты. Всего лишь сумма целых чисел:

$$\begin{aligned} & 1 \\ & 1 + 2 = 3 \\ & 1 + 2 + 3 = 6 \\ & 1 + 2 + 3 + 4 = 10 \\ & 1 + 2 + 3 + 4 + 5 = 15 \text{ и т.д.} \end{aligned}$$

☞ **Книга Жонкура была математической, то есть совершенно бесполезной.**

Любое «треугольное число» может быть найдено с помощью простого алгоритма: умножить  $n$  на  $n + 1$  и результат разделить на 2. В формуле заключена вся информация, собранная в томе Жонкура. Любой мог легко рассчитать любое «треугольное число». Жонкур знал это. Между тем он и его издатель М. Хуссон из Гааги посчитали стоящим делом набрать эти таблицы металлическими литерами по три пары колонок на странице и запустить печать. Зачем? Помимо энтузиазма ими двигал расчет. Они знали о растущей цене систематически подобранной специальной информации.

☞ **Предварительное вычисление, хранение и передача данных обычно выходили дешевле, чем вычисление результата по мере необходимости.**

Приведем такой пример. Начиная с 1767 года Британское бюро долгот дало указание издавать ежегодный «Морской альманах и астрономические эфемериды» с таблицами положения Солнца, Луны, звезд, планет и спутников Юпитера. Наибольшую практическую ценность в этом альманахе представляли таблицы лунных расстояний на весь год, предсказывающие через каждые три часа угловые расстояния от центра лунного диска до избранных зодиакальных звезд или до центра солнечного диска. Такие таблицы должны были сократить объем расчетов, производимых штурманами для определения географической долготы в море; действительно, с их помощью затраченное время сократилось до 30 минут, тогда как раньше требовалось более 4 часов.

В течение следующих пятидесяти лет работу по подготовке альманаха выполняли «вычислители» — тридцать четыре мужчины и одна женщина, Мэри Эдвардс из города Лудлоу в графстве Шропшир. Все они работали на дому и получали по 70 фунтов в год. Вычисления являлись надомным производством! Вычислители делали ошибки. Вычислители не стеснялись списывать результаты, если подвернется случай. Их необходимо было проверять и перепроверять, привлекая других вычислителей. Для управления потоком информации проект нанял специальных людей для сверки астрономических таблиц и корректировки гранок.

Ежегодное издание британского «Морского альманаха» привело к его популярности во всем мире — в конце следующего века около трех четвертей всех судоводителей уже пользовались навигационными картами, долгота на которых отсчитывалась от Гринвича. В 1884 году, когда в конце концов возникла необходимость установления нулевого меридиана для отсчета долготы и времени в планетарном масштабе, на Международной меридианной конференции в Вашингтоне за нуль-пункт отсчета долгот на всем земном шаре было предложено принять именно гринвичский меридиан, а, скажем, не парижский или пулковский.

Матрица, которая упорядочивает случайные явления, может быть нематериальной. Она может быть операциональной. Для примера сошлемся на теорию каталитических циклов Манфреда Эйгена, нобелевского лауреата и директора Института физической химии им. Макса Планка в Геттингене.

В начале 1970-х гг. Манфред Эйген разработал модель, согласно которой при организации индивидуальных нуклеиновых кислот в более сложные структуры катализатор создает топологию воздействия, результатом которой является пространственная организация материи. Катализатор есть некая матрица, которая позволяет неслучайным образом суммировать случайно попавшие на нее частицы. Благодаря определенной пространственной организации каталитической поверхности инициируется редупликация, например, ДНК. Ферменты или энзимы — катализаторы метаболических процессов в клетках — очень чувствительны к состоянию окружающей среды. Постоянно изменяющаяся окружающая среда постоянно изменяет



каталитические циклы. Это приводит к деформации катализатора, который меняется постоянно, каждое мгновение, словно сито, отверстия в котором постоянно меняют свое расположение.

 **То обстоятельство, что события в природе совершаются с некоторой вероятностью, есть знак, которым символическая структура реальности заявляет о себе.**

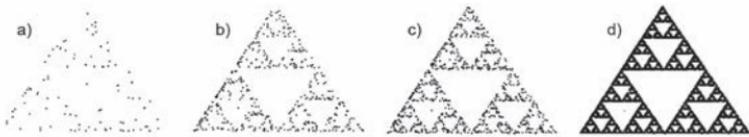
Наша общественная организация копирует природную. Это естественно. Наш мозг, будучи приспособлен к восприятию физической структуры реальности, воспроизводит ее в общественном устройстве. Сегодня доминирующим фоном нашего повседневного быта становится сеть экранов. И не только в пространстве Интернета. Джилл Пурели, консультант IBM, определил как

 *«экран есть экран есть экран».*

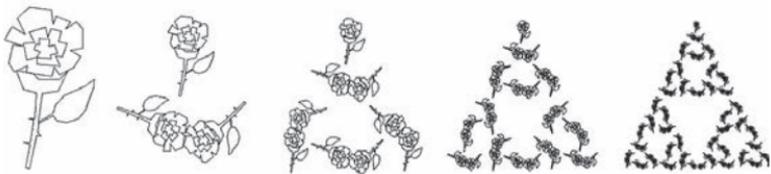
Операциональные матрицы широко применяют в технике. Одну из них Майкл Барнсли, разработчик алгоритма фрактального сжатия, назвал «игрой хаоса».

Пусть игральная кость сделана так, чтобы каждые две из ее шести граней были бы обозначены цифрами 1, 2 и 3 соответ-

ственно. Бросая кость, мы будем отмечать последовательность чисел, например, 2, 3, 2, 2, 1, 2, 3, 2, 3, 1. На игровом поле нарисуем равносторонний треугольник и обозначим его вершины цифрами 1, 2 и 3. Далее, выберем на игровом поле любую начальную точку в пределах треугольника  $z_0$ . После броска кости, результатом которого, например, выпала цифра 2, ставим точку  $z_1$  на полпути между точкой  $z_0$  и соответствующей вершиной треугольника (в нашем примере — вершина 2). Далее процесс повторяется. На  $k$ -ом шаге итераций мы нанесем на игровом поле  $k$  точек:  $z_1, \dots, z_k$ . Еще бросок кости, и результат броска — величина 1, 2 или 3. Теперь появилась еще одна точка  $z_{k+1}$ , которая расположится между точкой  $z_k$  и вершиной с номером, выпавшим на игральной кости. На рисунке только для удобства понимания последовательно возникающие точки соединены линиями. Вначале картина напоминает броуновское движение. Но число точек растет, и...



Построение треугольника Серпинского с помощью «игры хаоса»  
a)  $k = 100$ ; b)  $k = 500$ ; c)  $k = 1000$ ; d)  $k = 10\,000$  шагов



Форма исходного элемента не имеет значения

В это трудно поверить. Появляется известная геометрическая форма — треугольник Серпинского. Мы не могли бы предсказать положение каждой точки, но структуру конечного объекта мы можем предсказать абсолютно точно.

**Произвол ведет к диктатуре.**



Суть «игры хаоса» в том, что генератор случайных чисел поставляет данные, они обрабатываются по определенному алгоритму. Алгоритм работает по принципу петли обратной связи, а именно, результат предыдущего расчета становится начальной точкой следующего расчета. Форма, которая появляется в результате многочисленных повторений выполнения одной и той же операции, называется «странным аттрактором». И она никак не зависит от формы исходных элементов — будь то точка или роза.

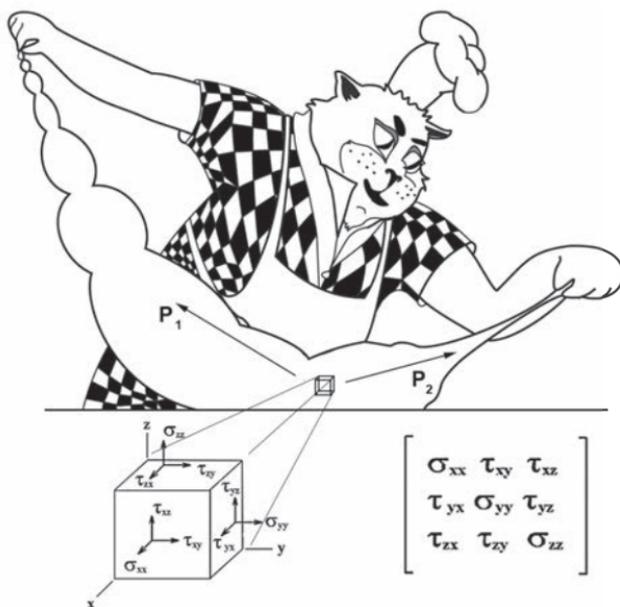
Мы познакомились с материальными и операциональными матрицами. Теперь перейдем к матрицам символическим. Символическая матрица состоит из символов и прежде всего из числовых величин. Физические величины, как известно, бывают скалярными или тензорными.

Начнем со скалярных величин. Из курса физики мы помним, что существуют универсальные константы, от которых зависит структура реальности. В физическом мире с такими константами мы сталкиваемся повсеместно. Даже там, где мы не ожидаем их встретить.

Финансисты, например, долгое время не могли поверить в то, что изменение цен на фондовых и товарных биржах происходит не совсем случайно. В 1938 году Ральф Нельсон Эллиотт, американский финансист, теоретик экономики, вошедший в историю как гений финансового рынка, заметил и описал, как самоподобные повторения, наподобие волн, регулярно проявляют себя на фондовых рынках.

Позже Бенуа Мандельброт, будущий создатель фрактальной геометрии, обнаружил любопытную зависимость — ежедневный курс на момент закрытия Нью-Йоркской хлопковой биржи 1900–1905 годов, индекс ежедневных цен на хлопок на различных биржах США на момент закрытия 1944–1958 годов и курс на момент закрытия Нью-Йоркской хлопковой биржи 15 числа каждого месяца 1880–1940 годов имеют одинаковую степень «изрезанности» — фрактальную размерность. И эта величина примерно равна 1,7. Это означает, что некое число 1,7 ранжирует совершенно случайное поведение рынков.

Теперь рассмотрим тензорные величины. Если скалярные константы имеют отношение к вещественному, то тензорные описывают динамические устремления. Тензор — это матема-



тическая матрица, но с особыми свойствами. Слово «тензор» происходит от латинского «*tenso*» — напрягаю, растягиваю. Мы чаще встречаемся с простейшей формой тензоров — с векторными величинами. Вектор — это тензор первого ранга. Примером тензора второго ранга может служить однородное напряженное состояние упругого тела. Оно характеризуется плотностью  $P$  силы, с которой одна часть тела действует на другую через мысленно выделенную плоскость  $Q$ . Однако при этом  $P$  для различных направлений плоскости  $Q$  будет различным. Для описания деформации упругого тела в точке необходимо 9 чисел ( $3^2$ ).

Числа и их позиция в тензоре имеют значение. Благодаря этому тензор может описать операцию. Каждое число в тензоре может зависеть от выбранной системы наблюдения. Но операция, которую описывает тензор, не должна зависеть от системы наблюдения. Это означает, что из чисел, входящих в тензор, можно составить величину, инвариантную относительно любой системы координат. Это кодовое число называют детерминантом тензора. Например, длина отрезка линии остается одной и той же в любой системе координат. Координаты

начальной и конечной точек отрезка будут изменяться при переходе от одной системы координат к другой. Но их изменение будет строго и точно согласовано. На выбранной позиции в тензоре можно написать любое число. Но все остальные числа должны выстроиться строго и точно в согласии с этим числом. В этом суть тензора. Он гарантирует связность чисел — своего рода симметрию. Такое строгое и точное построение символов описывает символическая динамика.

## СИМВОЛИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА

Термин «символическая динамика» появился в 1920-х годах. Его ввел в обиход американец Марстон Морс. Он исследовал дискретное отображение, которое еще в 1906 году описал норвежский математик Аксель Туэ. Алгоритм этого отображения сводится к тому, что на каждом шаге ноль заменяется единицей, а каждая единица заменяется нулем:  $0 \rightarrow 01$ ,  $1 \rightarrow 10$ . Начальной точкой является ноль:

1 шаг — 0  
2 шаг — 01  
3 шаг — 0110  
4 шаг — 01101001  
5 шаг — 0110100110010110  
6 шаг — 01101001100101101001011001101001

и т. д.

Обратите внимание, что мы начали с ближнего порядка (простое превращение  $0 \rightarrow 01$  и  $1 \rightarrow 10$ ) и получили «дальний порядок» — последовательность групп чисел (0110) и (1001).

Отображение Морса–Туэ обладает свойством самоподобия — содержит фрагменты, которые при надлежащем «растяжении» воспроизводят всю последовательность. В качестве примера рассмотрим шестой шаг построения. Начав с первого члена, выберем каждый второй член последовательности. Нетрудно заметить, что выбранные члены образуют снова последовательность Морса–Туэ — 0110100110010110.

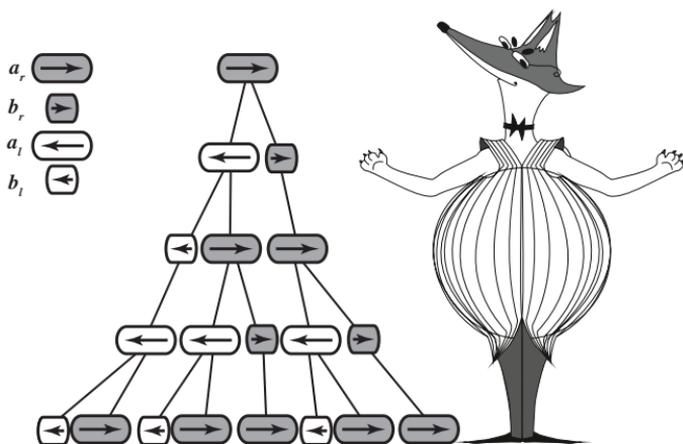
Последовательность Морса–Туэ можно получить также посредством другого алгоритма.

Рассмотрим целые положительные числа от 1 до 7 и ноль. Запишем эти числа в двоичной системе. Заменяем каждое двоичное число остатком от деления суммы его двоичных цифр на 2 (так называемым цифровым корнем по модулю 2). Цифровые корни по модулю 2 образуют последовательность Морса–Туэ:

0	1	2	3	4	5	6	7	десятичные числа
0	1	10	11	100	101	110	111	двоичные числа
0	1	1	2	1	2	2	3	сумма двоичных цифр в десятичной системе
0	1	1	10	1	10	10	11	сумма двоичных цифр в двоичной системе
0	1	1	0	1	0	0	1	цифровой корень по модулю 2 ( $0/10=0$ ; $1/10=0.1$ ; $10/10=1.0$ ; $11/10=1.1$ )

Такие структуры повсюду. В книге «Просто хаос» (СПб., Страта, 2013) я привел несколько примеров, таких, как сдвиг Бернулли, отображение тента, логистическое отображение. Все они показывают, что структуры поведения динамических систем имеют характерную форму или типовой шаблон — своего рода символ. Сам термин «символическая динамика» подразумевает некоторую логику поведения, которая может быть представлена в символической форме.

В 1968 году венгерский биолог и ботаник Аристид Линденмайер предложил математическую модель для изучения развития простых многоклеточных организмов, которая позже была расширена и используется для моделирования сложных ветвящихся структур — разнообразных деревьев и цветов. Эта модель получила название L-система.



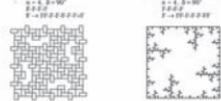
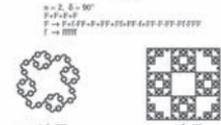
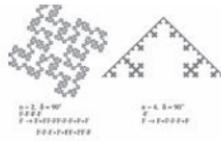
L-система, симулирующая развитие *Anabaena catenula*

Основная идея L-системы — постоянная перезапись элементов объекта. О чем это? В данном случае перезапись — это способ получения сложных объектов путем замены строго по правилам простого начального объекта новым объектом. Например, каждое новое поколение биологического вида есть перезапись строк генетического кода. Геометрической иллюстрацией оператора перезаписи является снежинка Коха. На рисунке инициатор — это начальный объект, грани которого заменяются на объект-генератор. Далее та же самая операция перезаписи применяется к новым объектам.

Оператор L-системы может трансформировать геометрический объект. С тем же успехом он может трансформировать строку символов.

Рассмотрим пример развития многоклеточного организма *Anabaena catenula*, который изучал Линденмайер.

Исходная строка символов называется аксиомой. Аксиома состоит из одного или двух символов. Пусть это будут два символа —  $a_r$  («a» и «r»). Далее необходимо определить операции — правила преобразования символов. Правила говорят, какие символы меняются на какие в процессе роста организма. В своей модели развития *Anabaena catenula* Линденмайер остановился на четырех правилах, определяющих «деление» клеток и их развитие:



**a**  $n=0, \delta=20.7^\circ$   
 $F \rightarrow F$   
 $F \rightarrow F(+F)F(-F)F$

**b**  $n=5, \delta=20^\circ$   
 $F \rightarrow F$   
 $F \rightarrow F(-FF)F(+F)F$

**c**  $n=5, \delta=22.5^\circ$   
 $F \rightarrow FF$   
 $F \rightarrow FF-[-F+F+F] + [F-F-F]$



**d**  $n=7, \delta=20^\circ$   
 $X \rightarrow X$   
 $X \rightarrow F(+X)F(-X)+X$   
 $F \rightarrow FF$

**e**  $n=7, \delta=25.7^\circ$   
 $X \rightarrow X$   
 $X \rightarrow F(+X)[-X]FX$   
 $F \rightarrow FF$

**f**  $n=5, \delta=22.5^\circ$   
 $X \rightarrow X$   
 $X \rightarrow F-[X]+X]+F$   
 $F \rightarrow FF$

Примеры двумерных форм и порождающих их L-систем

$$a_r \rightarrow a_l b_r; \quad a_l \rightarrow b_l a_r; \quad b_r \rightarrow a_r; \quad b_l \rightarrow a_l.$$

Мы видим, как шаг за шагом растет одномерная бактерия *Anabaena catenula*. Совершенно аналогично можно моделировать рост двухмерных и трехмерных объектов. Для этого возьмем алфавит, в котором каждый символ означает некоторую команду для операции в двухмерном или трехмерном пространстве. Перечень типовых операций может выглядеть так:  $F$  — продвинуться вперед и нарисовать линию;  $f$  — продвинуться вперед, ничего не рисуя;  $+$  — повернуть влево;  $\llcorner$  — повернуть вправо;  $\&$  — повернуть вниз;  $\wedge$  — повернуть вверх;  $\setminus$  — наклониться влево;  $/$  — наклониться вправо;  $|$  — развернуться на 180 градусов. Эти символические операторы используют стандартные значения угла поворота  $\delta$ , длины шага и базисные векторы двухмерного и трехмерного пространства.

С помощью приведенного выше перечня операций можно построить довольно сложные формы. И эти формы будут непрерывными. Для того чтобы распространить метод на большой класс растений, имеющих ветвящуюся топологию, достаточно добавить два оператора:  $\llcorner$  — начало ветвления;  $\llcorner$  — конец ветвления. Когда конструктор встречает символ  $\llcorner$ , ее текущее состояние пишется в стек и извлекается оттуда при встрече символа  $\llcorner$ . Уже такой простой грамматикой можно сгенерировать довольно реалистичные двухмерные и трехмерные объекты похожие на деревья.

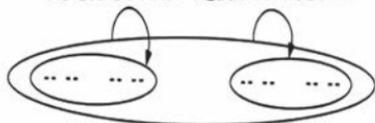
Можно пойти дальше.

Для той или иной операции задать вероятность ее выполнения. Это вносит элемент случайности в получающиеся структуры. Как видите, из набора простых правил можно получить огромное количество разных растений и засадить ими целые поля. Эти структуры могут выглядеть довольно хаотическими, изрезанными, разветвленными. Но при этом они все-таки связанные. Из каждой точки можно переместиться в любую другую точку объекта, не покидая сам объект. Между тем еще в XIX веке математики обнаружили возможность построения «рваных» множеств, которые имели довольно странные свойства.

Георг Кантор в 1877 году построил «математическую пыль». Он использовал идею построения геометрической фор-



Пыль Кантора:  
 между разрывным и бесконечно делимым  
 не существует противопоставления —  
 канторова пыль представляет собой  
 и то, и другое



ДВУМЕРНЫЙ КОВЁР КАНТОРА



ТРЕХМЕРНЫЙ СЫР КАНТОРА



мы путем «перезаписи» или замены частей начального объекта по некоторым правилам. Для начала возьмем отрезок единичной длины (исходный шаг  $n = 0$ ), затем разделим его на три части и изыдем среднюю треть ( $n = 1$ ). Далее будем поступать точно так же с каждым из образовавшихся отрезков. В результате бесконечного количества повторений операции получаем искомое множество — пыль Кантора.

В результате бесконечного количества повторений этой операции получаем разрывное множество, причем между любыми точками этого множества обязательно есть точка этого же множества! Более того, множество Кантора совсем не занимает места! Стрела, пущенная наугад, вряд ли поразит хотя бы один элемент этого множества. Удивительно, но факт!

И этому факту Кантор предоставил изящное доказательство. Он предложил построить отображение квадрата на единичный отрезок. Точка этого квадрата с прямоугольными координатами  $x = 0,125$  и  $y = 0,456$  получит однозначное отображение — точку  $0,142536$  на единичном отрезке. Таким образом, каждой точке квадрата соответствует только одна точка на отрезке и наоборот. Мощность квадрата равна мощности отрезка! Это парадоксально настолько, что сам Кантор писал:

«Я вижу это, но не верю».



Сталкиваясь то тут, то там с логическими парадоксами, математики обнаружили, что логик существует великое множество. Одни ладят, другие конфликтуют со здравым смыслом. Среди них можно выделить символическую логику, которая отчасти как бы погружена в логику здравого смысла, а отчасти выступает за его пределы.

## СУПЕРЛОГИКА И СУПЕРФРАКТАЛЫ

Старая как мир идея о том, что следует не столько подстраиваться под существующую реальность, сколько строить саму реальность, в эпоху Возрождения обрела техническую платформу. Леонардо да Винчи говорил, что он не изображает действительность в своих произведениях, а строит ее. Целый пласт воззрений процветал в Средние века в рассказах о гомункулах и франкенштейнах. Фридрих Ницше сформулировал рациональную квинтэссенцию этих взглядов:

*«Имеются существа, которых мы никогда не познаем, кроме как изобретем их».*



Альберт Эйнштейн описал новую научную методологию:

*«Однажды люди применительно к социальному явлению вместо вопроса „— Можете ли вы это объяснить?“ спросят „— Можете ли вы это построить (вырастить)?“»*



Фактически речь идет о возможности и необходимости исследовать поведение систем, построенных на основе той или иной логической конструкции. Речь идет о моделировании. Модели реальности часто становятся фактом реальности. Моделирование реальности становится не только увлекательным занятием для ученых, но магистральным направлением инвестиций людей практических. Не удивительно, что эволюция логических схем моделей реальности идет подобно лавине. Путь от простых детерминистских моделей середины XX века до сложных стохастических алгоритмов пройден менее, чем за полвека.

Джон фон Нейман в 1930-е годы в Лос-Аламосской национальной лаборатории работал над проектом создания робота, собирающего другого робота. В ходе работы фон Нейман осознал сложность создания самовоспроизводящегося робота и, в частности, обеспечения необходимого «запаса частей», из которого должен строиться робот. В то же время его коллега Станислав Улам, создатель метода Монте-Карло, изучал

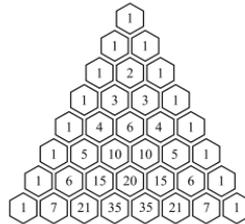
рост кристаллов, используя простую решеточную модель. Улам предложил фон Нейману использовать более абстрактную математическую модель, подобную той, что Улам использовал для изучения роста кристаллов. Результатом явился универсальный конструктор, работающий «внутри» клеточного автомата с окрестностью, включающей непосредственно прилегающие ячейки, и имеющий 29 состояний. Фон Нейман доказал, что для такой модели существует паттерн, который будет бесконечно копировать самого себя.

В 1960-е годы клеточные автоматы изучались как частный тип динамических систем, и впервые была установлена их связь с областью символической динамики. Рассмотрим, например, ряд клеток, в которых, кроме одной, находятся нули:

...01000000...

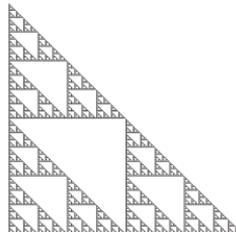
Рассмотрим следующее правило: заменяем число в клетке на сумму этого числа и соседа слева. Получим следующую серию состояний:

...01000000...  
 ...01100000...  
 ...01210000...  
 ...01331000...  
 ...01464100...  
 ...0151010510...  
 ...01615201561...



Несложно увидеть, что это — треугольник Паскаля. А теперь вместо обычного сложения будем использовать сложение по модулю два. Получится дискретный аналог треугольника Серпинского:

...01000000...  
 ...01100000...  
 ...01010000...  
 ...01111000...  
 ...01000100...  
 ...01100110...  
 ...01010101...



В клеточных автоматах обновления всех клеток происходят независимо друг от друга. Каждая клетка «живет» своей жизнью. Новое состояние клетки зависит только от старого состояния клетки и ее окрестности. При этом все клетки обновляются по одним и те же правилам.

В 1970-е годы получила известность двухмерная клеточно-автоматная модель с двумя состояниями, известная как игра «Жизнь». Ее придумал английский математик Джон Конвей. В октябрьском номере журнала «Scientific America» за 1970 год была опубликована его статья «The Game of Life». Место действия игры — вселенная — размеченная на клетки поверхность. Каждая клетка на этой поверхности может находиться в двух состояниях: она живая или мертвая. Клетка имеет восемь соседей. Распределение живых клеток в начале игры называется первым поколением. Состояние конечного автомата в момент  $t + 1$  является функцией от его собственного состояния и состояния его соседей в момент времени  $t$ . Каждое следующее поколение рассчитывается на основе предыдущего по следующим правилам:

- пустая (мертвая) клетка рядом с тремя живыми клетками-соседями оживает;
- если у живой клетки есть две или три живые соседки, то эта клетка продолжает жить; в противном случае (если соседей меньше двух или больше трех) клетка умирает (от «одинокости» или от «перенаселенности»).

Несмотря на простоту правил, такой клеточный автомат, как игра «Жизнь», демонстрирует поведение «странного аттрактора». Ее поведение никогда не повторяется, в процессе «игры» могут появиться устойчивые структуры — глайдеры — сочетания клеток, движущиеся по сетке как единое целое. Игра демонстрирует огромное разнообразие поведения, колеблясь между очевидным хаосом и порядком.

Еще в 1950 году Клод Шеннон высказал мысль о том, что машины могут самообучаться. Он построил механическую, дистанционно управляемую электронной схемой мышку по имени Тесей, которая училась находить выход из лабиринта. Перед аудиторией лекционного зала Шеннон демонстрировал

тумбу с решеткой  $5 \times 5$  квадратов на верхней панели. По краям и поперек любого из 25 квадратов можно поставить перегородку, чтобы получались лабиринты разной конфигурации. В любой квадрат можно воткнуть булавку в качестве цели. По лабиринту перемещался стальной стержень, движимый парой моторов. Один — для движения влево-вправо, другой — вперед-назад. Внутри было размещено около семидесяти пяти различных реле, соединенных друг с другом. Они включались и выключались, формируя память робота. Шеннон включал машину. Она начала работать. Шеннон так описывал работу своей машины:



*«Когда машина была выключена, реле фактически забывали все, что знали о лабиринте. Когда машина начинает работать, стержень исследует лабиринт в поисках цели. Когда он достигает центра квадрата, машина принимает новое решение, какое направление пробовать следующим. Когда стержень упирается в перегородку, моторы начинают обратное движение, и реле записывает событие. Машина принимает каждое новое решение, основываясь на предыдущем знании. Стержень проходит пространство лабиринта методом проб и ошибок. Наконец, стержень нашел цель. Звенит колокольчик, включается лампочка, и мотор останавливается».*

Затем Шеннон поместил мышь назад, на исходную позицию для нового забега. В этот раз она прошла прямо к цели без неверных поворотов. Она «научилась». Если переместить цель в другую неизведанную часть лабиринта, то «мышь» снова возвращалась к методу проб и ошибок. Если Шеннон «стирал» старое решение, то мышь снова переходила в режим проб и ошибок. Однако иногда особенно странное сочетание нового лабиринта и старой памяти заставляло машину входить в бесконечный цикл. Шеннон описывал это так:



*«Когда она прибывает в точку А, она помнит, что старое решение говорит перейти к В, поэтому она идет по кругу: А, В, С, D, А, В, С, D. Она попадает*

*в порочный круг, или в состояние паразитного самовозбуждения».*

Американский психолог Ральф Жерар увидел в этом невроз. Шеннон добавил «противонервную цепь»: счетчик, установленный для выхода из цикла, если машина повторяет одну и ту же последовательность шесть раз. У машины нет никаких шансов узнать, что она «психованная», она просто распознает, что поиск цели происходит слишком долго.

Фактически в природе есть механизм, который обрывает «нервное» поведение системы. Это — случайность. Мандельброт говорил о «диком» и «ручном» случаях. Если первый никак и ничем не определен и не ограничен, то второй подчиняется вероятностным законам. И та, и другая случайность могут быть включены в логический процесс. Однако вероятностная случайность производит больше разнообразия. Именно такая случайность используется при построении суперфракталов. Идея суперфракталов позволяет смоделировать экономную расточительность природы и математически точно описать тот класс процессов в природе, один из которых подметил Чарльз Дарвин и описал его в последнем параграфе «Происхождения видов»:

*«Любопытно созерцать густо заросший берег, покрытый многочисленными, разнообразными растениями с поющими в кустах птицами, порхающими вокруг насекомыми, ползающими в сырой земле червями, и думать, что все эти прекрасно построенные формы, столь отличающиеся одна от другой и так сложно одна от другой зависящие, были созданы благодаря законам, еще и теперь действующим вокруг нас... Есть величие в этом воззрении, по которому жизнь с ее различными проявлениями Творец первоначально вдохнул в одну или ограниченное число форм; и между тем как наша планета продолжает вращаться согласно неизменным законам тяготения, из такого простого начала развилось и продолжает развиваться бесконечное число самых прекрасных и самых изумительных форм».*



Модель суперфракталов появилась в 2002 году в процессе интенсивного сотрудничества Майкла Барнсли, Джона Хатчинсона и Оржана Стенфло в Австралийском национальном университете (Канберра). В книге «Суперфракталы» Майкл Барнсли пишет:



*«Никогда два облака не будут одинаковыми, не так ли? Вы различаете листья на березе и листья на дубе благодаря тому, что вы можете различить некую идентифицирующую их структуру, несмотря на случайность формы каждого листа. Нам нужна модель, которая отражает одновременно оба аспекта реальности — определенность и случайность».*

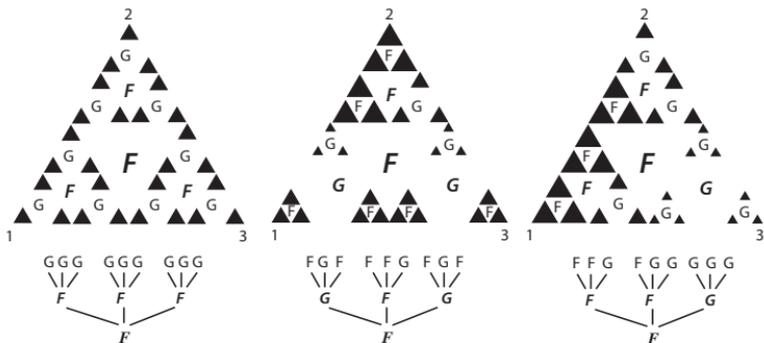
Цветущая сложность бытия есть манифест того, что реальность обладает потенциалом креативности новых форм. Опыт показывает, что природа расточительна на производство материальных форм и экономна на создание операций для их производства.



### **Суперфракталы имеют неограниченное разнообразие форм при ограниченном наборе операций.**

Для иллюстрации этих идей представим себе дерево, которое растет таким образом, что в каждом поколении его ветви расщепляются на  $V$  ветвей. Этот алгоритм роста назовем « $V$ -изменчивым» ( $V$ -variability). Комбинаторика типовых ветвей (своего рода «ген») может изменяться от поколения к поколению, но число типовых ветвей не изменяется и равно  $V$ .

Обыкновенный детерминированный фрактал генерируется одной системой итерируемых функций. Более сложный фрактал генерируется системой итерируемых функций с наложенным на них распределением вероятности выбора одной из функций на каждом шаге итераций. Еще более сложный составной фрактал генерирует семейство систем итерируемых функций. Он состоит из отдельных фракталов, как бы сложенных вместе. Каждый из этих составных фракталов генерируется одной из систем семейства систем итерируемых функций. Естественным логиче-



Фракталы, построенные на базе систем итерируемых «функций Серпинского»  $F$  и  $G$  с  $V = 1$ ,  $V = 2$  и  $V \rightarrow \infty$  соответственно. (Источник: Robert Scealy. *V-variable fractals and interpolation. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy of the Australian National University. April 20, 2009, 93 p.*)

ским шагом является включение случайного перемешивания систем итерируемых функций.

В результате получается некоторый стохастический гомогенный фрактал с двумя уровнями операций. Сначала мы выбираем с определенной вероятностью систему итерируемых функций, а затем мы выбираем с определенной вероятностью саму функцию. Далее эту процедуру усложнения можно продолжать, добавляя уровни сложности и соединяя один гомогенный фрактал с другим гомогенным фракталом, перемешивая теперь на третьем уровне действия семейств систем итерируемых функций. Получается своего рода операциональная матрешка, в которой системы операций внутреннего уровня встроены в семейства систем операций внешнего уровня благодаря вероятностному выбору. Операторы вероятностного выбора выполняют функцию клея. Они сложено связывают действие функций одной системы между собой и между семействами систем итерируемых функций и далее между семействами семейств систем итерируемых функций.

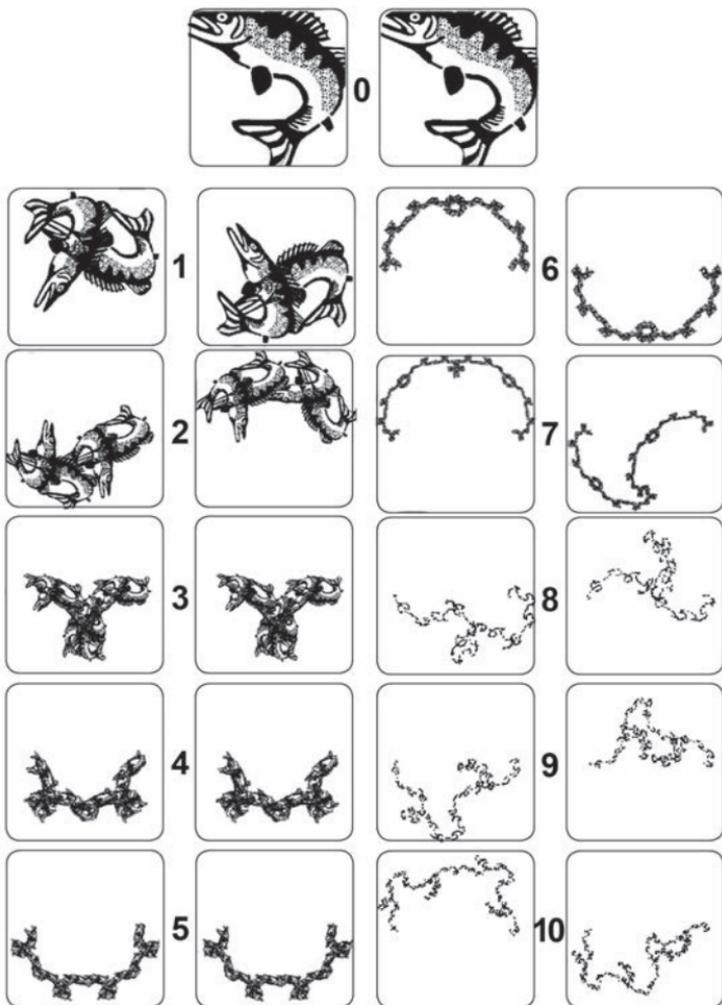
Идея  $V$ -изменяемого фрактала в том, что вероятностный выбор применяется не только к итерируемым функциям, но и к состояниям, в которых фиксируется результат. И если раньше операциональным квантом являлась функция в семействах систем итерируемых функций, то теперь вводится квант состояния — ячейка, в которую попадает результат после расчета на каждом шаге итерационного процесса.

$V$ -изменяемый фрактал, как и гомогенный фрактал, генерируется семейством систем итерируемых функций с наложенной на них вероятностью выбора одной из систем на каждом шаге итерации. Однако при записи результата в одно из  $V$ -состояний выбор этого состояния для записи также реализуется по случаю с определенной вероятностью. В общем случае мы можем иметь  $N$  систем и  $V$  состояний записи результата. Из условия суперсимметрии число систем итерированных функций должно совпадать с числом состояний  $N = V$ . Вероятность выбора на каждом шаге итераций семейства систем итерированных функций и состояний записи результата определяется  $V \times V$  матрицей вероятности.

Представим себе, что правила преобразования  $V$  типовых «генов» описывают  $V$  систем итерируемых функций. В первом поколении возникнет  $V$  типов ветвей — аттракторов. На втором шаге мы будем применять те же  $V$  систем итерируемых функций к точкам сформировавшихся аттракторов. Если каждую из  $V$  систем итерируемых функций применить к точкам аттракторов, образованных этой системой на предыдущем шаге, то второе поколение будет повторять первое поколение. Однако если мы случайным образом перетасуем системы итерируемых функций и применим их к «чужим» аттракторам, то мы получим новое разнообразие из  $V$  типов аттракторов. Однако самое замечательное то, что после многочисленных итераций вне зависимости от набора типовых «генов» мы получим своего рода аттрактор аттракторов — суперфрактал.

Для примера, в книге автора «Суперфрактал» (СПб., Страта, 2015) описаны «операции Серпинского», которые позволяют получить суперфракталы с  $V = 1$ ,  $V = 2$  и  $V = 3$ .

Рассмотрим логику процесса в простом случае, когда  $V = 2$ . Поставим следующий компьютерный эксперимент. Зарезервируем два буфера памяти — левый  $L$  и правый —  $R$ , в которых разместим аттракторы первого поколения, полученные вследствие многократного повторения расчета систем итерируемых функций  $F$  и  $G$ . Далее случайным образом выберем одну из систем итерированных функций  $F$  или  $G$ . Затем выберем случайным образом буфер ( $L$  или  $R$ ) и запишем результат применения выбранной системы итерированных функций. Снова выберем буфер случайным образом (это может оказаться буфер, выбранный шагом ранее) и поместим в него аттрактор после второй трансформации. Объединим результаты двух трансформаций в новый буфер  $L'$ . Снова выберем



0. Исходный образ «прыгающей рыбы» в буфере № 1 и в буфере № 2.
1. Трансформация образа после первой итерации.
2. Трансформация образа после второй итерации.
3. Трансформация образа после третьей итерации.  
Оба образа одинаковы.
4. Трансформация образа после четвертой итерации.  
Оба образа опять одинаковы.
5. Трансформация образа после пятой итерации.  
Оба образа снова одинаковы.
6. Трансформация образа после шестой итерации.
7. Трансформация образа после седьмой итерации.
8. Образы в буфере № 1 и в буфере № 2 после нескольких итераций, число которых  $L > 20$ .
9. Трансформация образа после  $L + 1$  итераций.
10. Трансформация образа после  $L + 2$  итераций.

случайным образом систему итерируемых функций. Снова выберем буфер  $L$  или  $R$  и поместим туда трансформированный аттрактор. Возьмем вторую систему итерированных функций и выберем случайным образом буфер  $L$  или  $R$ . Поместим в него очередной трансформированный аттрактор. Объединим результаты и поместим их в новый буфер  $R'$ . Далее содержимое буфера  $L'$  поместим в буфер  $L$ , а содержимое буфера  $R'$  поместим в буфер  $R$ .

Барнсли привел знаменитый пример трансформации образа «прыгающей рыбы». Он показал, что форма суперфрактала не зависит от формы исходного образа.

Из рисунка мы видим, что суперфракталы не зависят от структуры исходных объектов. Их форма есть сложный аттрактор систем итерируемых функций, «склеенный» посредством вероятностного распределения случайного выбора операций.

### **Случайность — это операция, склеивающая операции.**

Фактически суперфрактал есть отображение системы итерируемых функций на систему итерируемых функций. Суперфракталы представляют своего рода «математический мост» между детерминистскими и стохастическими объектами. При  $V = 1$  суперфрактал совпадает с детерминистским фракталом, а при  $V \rightarrow \infty$  суперфрактал совпадает со стохастическим фракталом. Вероятность склеивает результаты различных операций в одно единое и согласованное целое.

Идея суперфрактала есть открытие механизма сцепления между обособленными логическими системами. Оказывается, что несвязные логические конструкции можно склеить с помощью стохастических процессов и процедур. Их, по Колмогорову, «естественно назвать вероятностно-случайными». Сам процесс «склеивания» происходит по случаю, но не как попало. Логику «склеивания» обособленных и даже взаимоисключающих логических систем иллюстрирует суперфрактал.

Ограничения и процедуры «склеивания» логических систем формируют своего рода суперлогику. Суть нового логического строя сводится к тому, что

### **поведение системы невозможно предсказать, но можно запрограммировать!**

## СИМВОЛИЧЕСКАЯ ПЕТЛЯ

Слово «кибернетика» выдумал Норберт Винер. Греческое слово, которое выбрал Винер, означало «рулевой». Он назвал этим словом свою книгу о коммуникациях и управлении. Винер знал себе цену. Он — вундеркинд. Он — «умнейший мальчик в мире». Он не столько слушал кембриджские лекции профессора Бертрانا Рассела, сколько пытался учить самого Рассела. Они не любили друг друга.

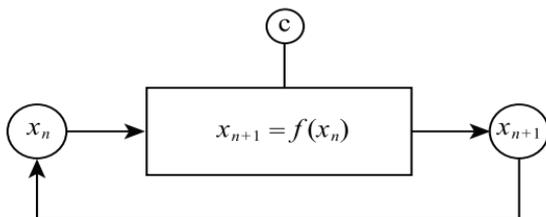
Между Винером и Клодом Шенноном, одним из основателей теории информации, тоже существовало напряжение. Там, где Шеннон видел себя математиком и инженером, Винер считал себя прежде всего философом и из своих работ всегда извлекал философские уроки о целях и поведении. Поведение, ориентированное на цель, является целесообразным. Обратная связь — это регулятор, рулевой. Первая книга Винера называлась «Кибернетика» и была опубликована осенью 1948 года сразу в США и во Франции с подзаголовком «Управление и связь в животном и машине». Книга была смесью определений и анализа и, к удивлению издателей, неожиданно стала бестселлером года. Популярные новостные журналы рекомендовали ее. Винер и кибернетика оказались отождествлены с феноменом, будоражившим воображение, — с вычислительными машинами.

В 1943 году Норберт Винер, вводя понятие петли обратной связи, привел пример рулевого при управлении лодкой. Прежде всего, у рулевого есть цель — берег, маяк или остывающий обед. Словом, символ. Рулевой должен постоянно придерживаться курса на цель. Если рулевой видит, что лодка отклоняется, он поворотом руля возвращает ее на заданный курс. Это действие многократно повторяется.

**Лодка (материальный объект) движется, отклоняется от курса и снова ложится на курс (операция рулевого управления) и в результате достигает поставленной цели (символический знак).**



Типовая схема петли обратной связи показана на рисунке. Она сводится к изменению переменного параметра  $X$  (направление движения лодки) при постоянном контролируемом параметре  $C$  (курс лодки).



*Схема петли обратной связи:  
 $x$  — переменный параметр,  
 $c$  — контролируемый параметр,  
 $f$  — операция пересчета параметра  $x$*



**Элементарная петля обратного влияния имеет три составляющих — объект влияния (вещественное), операция или алгоритм влияния (операциональное) и неизменный управляющий параметр (символ).**

Обратная связь может появиться там, где есть ответная реакция на то или иное воздействие. Отражение или рефлексия лежат в основе механизма петли обратного влияния. Рефлексию мы наблюдаем повсеместно — в зеркалах, на водной глади, в поведении людей, на финансовых рынках. В операциональном плане аналогом рефлексии служит рекурсия. Рекурсивный алгоритм на первый взгляд прост: результат одной операции становится исходным данным для следующей операции. Но это крепкий орешек. Ада Лавлейс писала:



*«Поскольку каждая последующая функция встраивается в ряд и вычисляется по тем же законам, получится цикл в цикле в цикле и т. д.»*

Реализация этой ситуации в первых вычислительных машинах представляла собой проблему. Чарльз Бэббидж описал эту ситуацию так:

«Машина пожирает свой хвост».



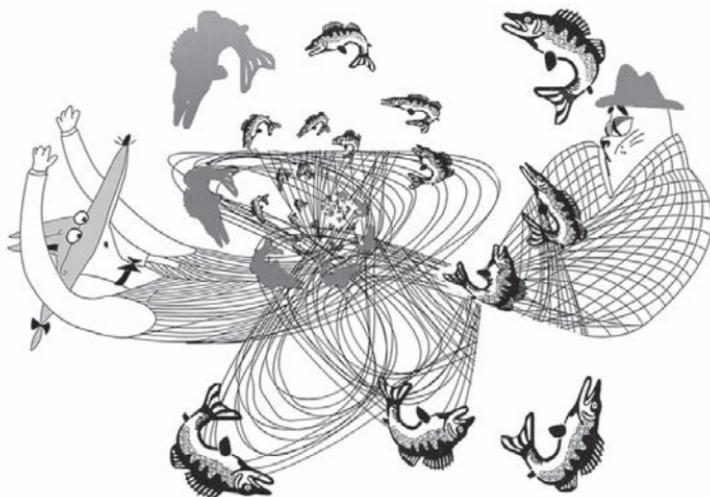
Если рефлексия есть повторение образа, то рекурсия есть повторение операции. На символическом плане аналогом рефлексии и рекурсии является симметрия.

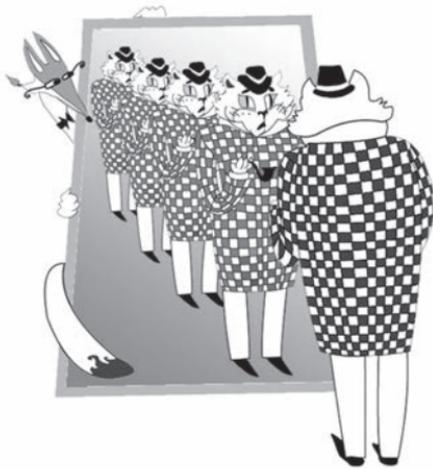
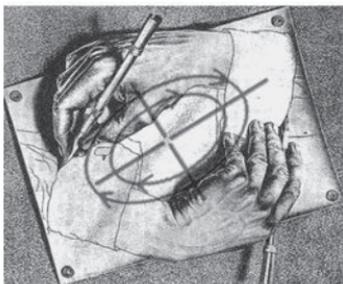
**Если рефлексия — повторение образа, а рекурсия — повторение операции, то симметрия есть повторение структуры при том или ином преобразовании.**



Рассмотрим, прежде всего, операцию рефлексивного сжатия (расширения). Исходная форма постепенно уменьшается и, в конце концов, стягивается в точку. Эту точку притяжения называют аттрактором. Точнее, точечным аттрактором. Термин «аттрактор» пришел к нам от английского слова «attraction», что означает притягательность. Аттрактор и в самом деле притягивает к себе любую систему, попавшую в поле его притяжения.

Теперь рассмотрим отражение между двумя идеально плоскими зеркалами. Образ отражается многократно без изменений и искажений. Отражение, себя отражающее, а затем отражения отражений своих отражений, и так до бесконечности,





*Слева сверху:  
Никас Сафронов. Отражение девушки  
с жемчужиной в истории волны. 2005*

*Слева внизу:  
Мауриц Эшер. Рисующие руки. 1948*

вернее, насколько хватит глаз. Это движение взад-вперед наподобие идеального маятника без трения. Одна деятельность автоматически ведет к другой в повторяющемся порядке. За светом дня следует темнота ночи. В теории динамических систем такое поведение описывает модель кругового (циклического) аттрактора.

Сделаем следующий шаг. Представьте сложную систему зеркал, в которой изображение отражается в цепочке зеркал и возвращается к исходному образу без искажений и изменений. Пусть, например, созвездия перемещаются по небосводу так, что через каждые шестьдесят лет конфигурация звезд на небосводе повторяется. Такое поведение системы описывает тороидальный аттрактор. Графически тороидальный аттрактор напоминает строго и точно выверенную траекторию на бублике: спиралевидные круги после множества оборотов возвращаются в исходную точку, и цикл повторяется.

Далее рассмотрим отражение в «кривых» зеркалах. Художники всегда ощущали, что кривизна зеркала расширяет кругозор.



*Мастер из Флемаля. Иоанн Креститель и Генрих фон Верль.  
1438 г. Мадрид. Прадо*

*Ян ван Эйк. Портрет четы Арнольфини.  
1434 г. Национальная Галерея. Лондон*

В выпуклом зеркале на картине мастера из Флемаля «Иоанн Креститель и Генрих фон Верль» (1438) мы видим много больше, чем на самой картине. И такой же эффект расширения горизонта обзора мы находим на картине Яна ван Эйка «Чета Арнольфини» (1434). Зеркало, быть может, единственный свидетель у четы Арнольфини, но свидетельства более представительного и представить трудно.

Кривое зеркало изменяет перспективу обзора. В кривом зеркале отражается даже то, что скрыто от прямого взора. Перспектива есть пространственно структурированное восприятие.

### **Перспектива восприятия есть парадигма.**



Парадигма не только отражает знакомую часть реальности, но также дает представление о реальности, недоступной прямому наблюдению. Этот эффект исследовал нидерландский художник-график Мауриц Эшер в серии картин «Сферические отражения».

В картине «Рука с отражающим шаром» хрустальный шар лежит в руке художника. В этом зеркале он видит свой домашний мир значительно объемнее, нежели при прямом обзоре. Благодаря кривизне зеркала у пространства изменяется перспектива.



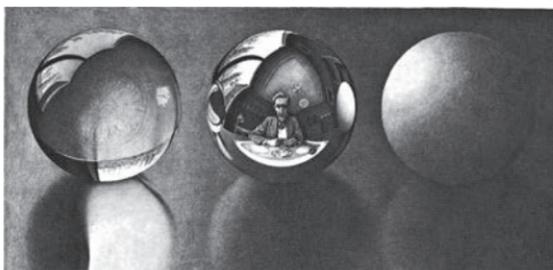
Мауриц Эшер.  
Рука с отражающим шаром.  
1935



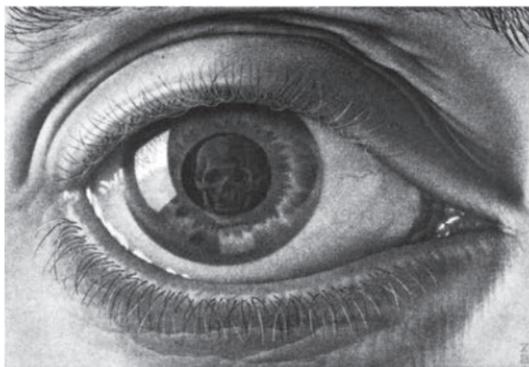
Натюрморт с отражающим шаром.  
1934

Художник видит сквозь «магический шар» те области пространства, которые он не может обозреть сразу и одновременно при прямом взгляде. В зависимости от кривизны зеркал изменяется картина мира художника. В «Натюрморте с отражающим шаром» — тот же отражающий шар. Здесь он напоминает приземистую бутылку с коротким горлышком. В нем отражается обратная сторона комнаты и сам художник в самой ее сердцевине.

Наконец, на литографии «Три шара II» Эшер изобразил три разные шаровые поверхности. Слева — стеклянный шар. Он наполнен водой, поэтому не только прозрачен, но и отражает. Он увеличивает структуру древесных волокон, и в то же время в нем отражается окно. У шара справа с матовой поверхностью светлая и темная стороны выявлены более отчетливо, чем у двух других. Средний, хрустальный шар отражает все окружающее. Вместе с тем все три отражения согласованы и соединены в наброске, над которым работает художник. Что



Мауриц Эшер.  
Три шара II. 1946



вы видите в центре отображений? Глаза художника. Если он повернется — все вокруг изменится, но изменится согласованно и прилаженно к его взгляду. Куда бы художник ни повернулся, он останется в центре. Но если вы будете пристально всматриваться в глаза художника, то почувствуете нечто тревожное.

В картине «Глаз» Эшер выразил эту тревогу символически. Вогнутое зеркало для бритья сильно увеличивает глаз художника. И в нем отражается череп. О чем это может говорить? Прежде всего о том, что наблюдатель, проникая внутрь системы отражающихся отражений, становится частью этой системы. Но и сама система, впустив в себя наблюдателя, радикально преобразуется. Исходный наблюдатель больше не существует в том смысле, что он поглотил самого себя. Дракон, кусающий себя за хвост, — древний символ реверсивной петли. Герой и дракон древних мифов — суть противоположности. Но, отведав драконьей крови, герой сам превращается в дракона. Причем дракон, бывший рыцарем, ведет себя иначе, чем дракон, рыцарем никогда не бывший.

В новейшей реальности мы все чаще сталкиваемся с эффектами зазеркалья. По ту сторону отражающих экранов притаилось нечто активное и маневренное. Это «нечто» в режиме реального времени изменяет кривизну отражающих поверхностей. С изменением кривизны отражающих экранов изменяется кривизна окружающего нас пространства. Изменяется наше восприятие реальности. Следовательно, изменяются наши реакции на реальные события. Устанавливаются новые комбинации отношений. Однако эти отношения устанавливаются некоторым предопределенным и связным образом, даже если кривизна отражающей поверхности изменяется по произволу. Такую странную ситуацию иллюстрирует «странный аттрактор».

## СТРАННЫЙ АТТРАКТОР

В 1941 году Хорхе Луис Борхес написал рассказ «Вавилонская библиотека». Это фантазия о мифической библиотеке, на полках которой собраны все книги на всех языках. Там есть жалкие книги и книги-пророчества, Евангелие и комментарии к этому Евангелию, и комментарии к комментариям к Евангелию, истории прошлого и будущего в мельчайших деталях. Истинный каталог библиотеки и бесчисленное множество фальшивых каталогов. В этой библиотеке бережно хранится вся информация. И информация об информации, и вся дезинформация. Именно поэтому в ней нельзя найти знания. Все истинное знание в ней стоит на полках бок о бок с ложным знанием. В зеркальных галереях, на бесчисленных полках можно найти все и ничего. Истину сложно найти среди множества правдоподобных выдумок и правдивых историй. Глобальное хранилище информации Чарльз Бэббидж сравнивал с хаосом. Когда все звуки мира рассеются в атмосфере, слова будут повсюду и нигде. Он писал:



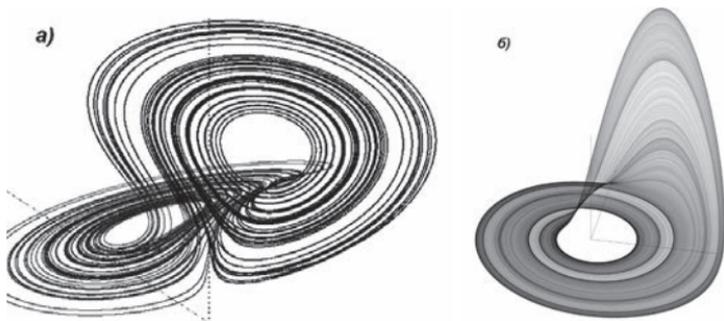
*«Каждый атом со следами добра и зла... с мыслями философов и мудрецов смешивается и объединяется десятками тысяч способов с тем, что бесполезно и примитивно».*

Бэббидж, без сомнения, был наслышан о воображаемом существе, которое описал Лаплас:



*«Оно охватывает единой формулой движение величайших тел вселенной и легчайших атомов, так как для него ничего не было бы неопределенным и будущее, как и прошлое, лежало бы перед его глазами».*

Воображаемое Лапласом существо, вычислительная машина или вычисляющая себя вселенная могли бы быть опорой детерминизма, если бы не «эффект бабочки», который Алан Тьюринг предвидел еще в 1950 году:



Странные аттракторы Лоренца (а) и Рёсслера (б).

Аттрактор Лоренца описывает простая система уравнений:

$$\begin{aligned} dx/dt &= \sigma(y - x), & dy/dt &= rx - y - xz, \\ & & dz/dt &= xy - bz \end{aligned}$$

где  $\sigma$ ,  $r$  и  $b$  — действительные положительные параметры

Аттрактор Рёсслера описывает система уравнений:

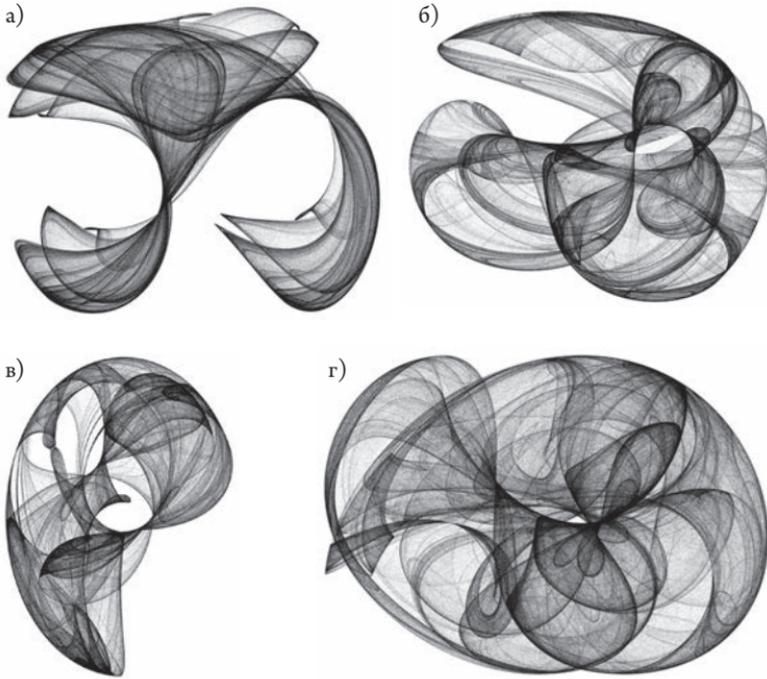
$$x' = -y - z, \quad y' = x + ay, \quad z' = b + (x - r)z,$$

где  $x$ ,  $y$ ,  $z$  — динамические переменные,  $a$ ,  $b$ ,  $r$  — параметры

*«Вселенная такова, что довольно мелкие ошибки в начальных условиях могут иметь ошеломляющие последствия. Смещение единственного электрона на миллиардную долю сантиметра в один момент может решить, погибнет человек через год под лавиной или спасется».*



В 1963 году один из основоположников теории хаоса Эдуард Лоренц нашел и описал «странный аттрактор». Траектория, которую обнаружил Лоренц, вела себя совершенно удивительным образом. Она не выходила за пределы ограниченного пространства и никогда не пересекала саму себя. Если бы траектория возвратилась в точку, которую уже миновала, движение в дальнейшем просто бы повторилось. На экране монитора перед глазами Лоренца траектория не прекращала «развиваться»: ни одна новая точка не совпадала с предыдущей. Процесс мог длиться сколь угодно долго. Каждый новый фрагмент траектории ювелирно точно избегал касаний и пересечений с уже построенной частью траектории. Если бы вы начали строить две траектории одновременно из двух сколь угодно близких точек, то почти сразу вы бы обнаружили, что они разбегаются



Аттрактор Клиффорда ( $a, b, c, d$  — переменные, определяющие форму аттрактора):

$$x_{n+1} = \sin(a y_n) + c \cos(ax_n),$$

$$y_{n+1} = \sin(b x_n) + d \cos(b y_n),$$

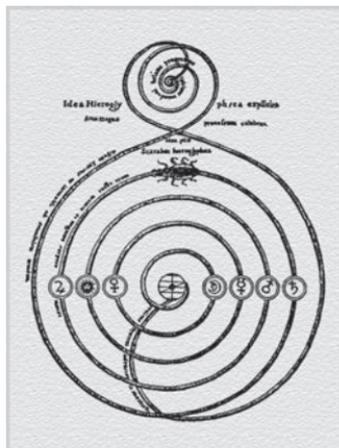
а)  $a = -1.4, b = 1.6, c = 1.0, d = 0.7$ ; б)  $a = 1.1, b = -1.0, c = 1.0, d = 1.5$ ;

в)  $a = 1.7, b = 1.7, c = 0.06, d = 1.2$ ; г)  $a = 1.5, b = -1.8, c = 1.6, d = 0.9$

и стремительно удаляются друг от друга. Следствием этого является высокая чувствительность динамической системы к начальным условиям. Стоит едва сместить исходную точку вычислений, и траектория на экране монитора изменится до неузнаваемости. И это приводит к тому, что предсказать поведение системы в следующий момент на основании ее поведения в предыдущий момент невозможно. В этом смысле система непредсказуема. В то же время, если вы начнете строить новую кривую точно из той же точки, что и предыдущую, обе кривые совпадут до мельчайших изгибов. Таким образом поведение траектории предопределено.

Траектория аттрактора Лоренца напоминает два крыла бабочки, в пределах которых появляются петли и спирали, нико-

Иллюстрация из книги XVII века  
«Эдип Египетский»  
Атанасиуса Кирхера

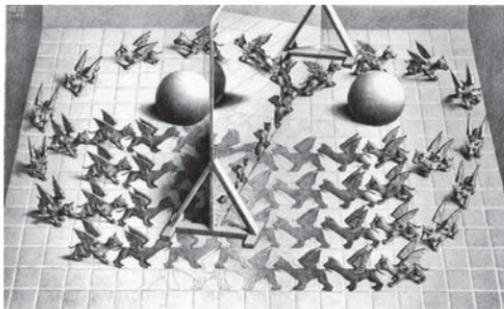


гда до конца не соединяющиеся и друг друга не пересекавшие. Другая траектория — аттрактор Рёсслера напоминает ленту Мёбиуса. Орбиты на аттракторе Рёсслера проводят большинство времени у его основания. Потом происходит подъем и падение по искривленным параболическим кривым.

Траектория аттрактора Клиффорда напоминает разнообразные формы свернутых листов и замысловатых ракушек. Все эти аттракторы очень разные. И вместе с тем нелинейность филигранно запутанных линий делает их чем-то похожими друг на друга.

Совсем не удивительно, что подобные геометрические структуры замечали и фиксировали то тут, то там. Посмотрите на иллюстрацию из книги XVII века «Эдип Египетский», написанной монахом-иезуитом Атанасиусом Кирхером. Рисунок этот напоминает проекцию на плоскость бабочки Лоренца. Так монах иллюстрировал петляющий путь души между двумя притягивающими центрами — этим миром и миром «того света». Этот рисунок многократно повторялся. Вы можете найти его в известной энциклопедии философа-мистика Мэнли Холла «Изложение масонской, герметической, каббалистической и розенкрейцеровской символической философии» (1928), в главе, посвященной теории и практике алхимии. И это далеко не единственное наблюдение того, как странная петля обнаруживает себя вне теории динамических систем.

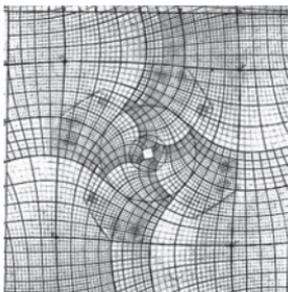
Дуглас Хофштадтер в книге «Гёдель, Эшер, Бах: эта бесконечная гирлянда» приходит к выводу, что и Эшер, и Бах,



Мауриц Эшер.

Магическое зеркало.  
1946

Галерея гравюр. 1956.  
Выставка гравюр. 1956



и Гёдель обнаружили или, точнее, использовали странные петли в своем творчестве — в изобразительном искусстве, музыке и математике соответственно.

Мауриц Эшер в «Метаморфозах» открыл для себя странную связность различных планов реальности. Формы одной из художественных перспектив пластично преобразуются в формы другой художественной перспективы. Сама картина содержит, быть может, только три плана реальности. Однако их ряд создает ощущение того, что он может продолжаться и продолжаться. У этого ряда нет начала или начал сколько угодно. В «Магическом зеркале» можно видеть указание на два начала. Но они неразличимы настолько, что глаз фокусирует внимание на третьем — на зеркале между двумя сферами. В «Галерее гравюр» выбора нет: начало и конец — одно. В «Выставке гравюр» изображение и вовсе отсутствует.



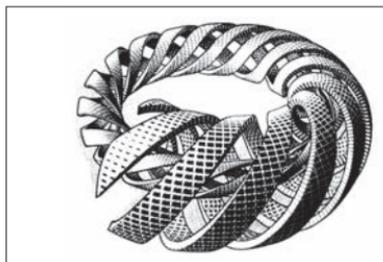
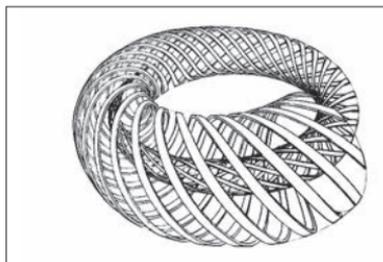
**Остается только перспектива —  
символ пространственной организации.**

Эшер восходит от одного плана реальности к другому и шаг за шагом доходит до сути. На самом глубоком уровне реальности



Мауриц Эшер.

Дракон. 1952



Эскиз. Спирали. 1953

он не обнаруживает ничего, кроме чистой геометрии. Здесь он впервые геометрически точно воспроизводит форму, символизирующую странную петлю.

Параллельно Эшер разрабатывает геометрическую структуру странной петли. Обратите внимание на его серию гравюр «Спирали». Четыре соединенные спиральные полосы образуют изогнутую трубку, которая возвращается, пронизывая себя самое и начиная второй цикл, едва отличный от первого. Эта работа снова возвращает Эшера на символический план. Только теперь это не столько символ геометрически точный, сколько символ эмоциональный и мифологический — «Дракон», кусающий свой хвост. Хвост свернут в форме странной петли, напоминающей ленту Мёбиуса.

Подобная странность причудливым образом проявилась в музыке. Один из канонов «Музыкального приношения» Баха (Canon per Tonos — Тональный канон) сконструирован таким образом, что его кажущийся финал неожиданно плавно переходит в начало, но со сдвигом тональности. Эти последовательные модуляции уведут слушателя все выше и выше от начальной тональности. Однако, чудесным образом, после шести модуляций

мы как бы возвращаемся. Все голоса теперь звучат ровно на октаву выше, чем вначале. Странность в том только, что, поднимаясь по уровням некоей иерархии, мы неожиданно обнаруживаем себя почти на том же месте, откуда начали свой путь, — возвращение без повтора. На этом месте можно прервать пьесу, быть может, Бах именно это и намеревался сделать. Но не сделал. Бах словно упивался возможностью продолжать этот процесс бесконечно, следуя «бесконечно поднимающемуся канону». Может быть, поэтому он и написал на полях:



*«Пусть Королевская слава возрастает подобно этой модуляции».*

Эта ремарка на полях — вне плана музыкального произведения — создает новый уровень восприятия.

Австрийский математик Курт Гёдель открыл странные петли в теории чисел, одной из самых древних и освоенных областей математики. В статье «О формально неразрешимых суждениях» («Principle Mathematica», 1931) Гёдель опубликовал «Теорему VI». Теорема утверждает следующее:



*«все непротиворечивые аксиоматические формулировки теории чисел содержат неразрешимые суждения».*

Суждения теории чисел не говорят ничего про суждения теории чисел. Они не более как суждения теории чисел. Здесь есть петля, но нет странности. Странная петля спрятана в доказательстве. Для доказательства Гёдель предложил простое построение. Выбрав произвольно суждение теории чисел (последовательность символов), Гёдель присваивает ему номер — код. В этом коде, обычно именуемом Гёделевой нумерацией, символы и последовательности символов обозначаются числами. В дальнейшем для ссылки на данное суждение используется соответствующий Гёделев номер. Теперь множество суждений теории чисел включает суждения о суждениях теории чисел.

Став на этот путь, можно без конца продолжать суждения о суждениях относительно суждений теории чисел. В этом и состоит открытие Гёделя. Ограниченное число вполне заурядных

ограниченных множеств создает неограниченное разнообразие числовых рядов.

Теория выделяет два типа множеств — заурядные и самозаглатывающие. Любое множество суждений теории чисел о теории чисел есть вполне заурядное множество. Множество суждений о суждениях теории чисел также заурядное множество. И любое множество суждений следующего уровня — заурядное множество. Но множество всех множеств суждений есть множество самозаглатывающее.

### **Самозаглатывающие множества содержат самих себя.**



Однако ничто не мешает нам изобрести множество всех заурядных множеств. На первый взгляд оно может показаться довольно заурядным изобретением. Но это не так. Будет ли такое множество самозаглатывающим или заурядным? Удивительно, но оно не является ни тем, ни другим. Или тем и другим одновременно. Эта странность напоминает парадокс Эпименида, волну-частицу, квантовый бит или принцип дзен-буддизма.

Самозаглатывание есть своего рода «метапетля». Она содержит все петли, но не принадлежит множеству всех петель. Простые петли взаимного влияния формируются в пространстве. Время — это то дополнительное измерение, в котором реализуются пространственные «метапетли».

### **Посредством петли обратного влияния будущее влияет на настоящее.**



Происходящее позднее служит причиной произошедшему прежде. Это наблюдение восходит к Аристотелю, для которого главным параметром любого движения было расстояние до конечной точки, а не расстояние от начала движения (Аристотель. Физика, VIII, 7, 261 а 13–14):

*«Возникающее незавершенно и движется к своему началу, так что позднейшее по возникновению ранее по природе».*



Эйлер сформулировал «принцип наименьшего действия» — мяч летит по такой траектории, между любыми точками которой разница между кинетической и потенциальной энергиями минимальна. Мяч как бы заранее знает обо всем, что его окружает. В каждый момент настоящего летящий мяч помнит, что было в прошлом, и чувствует, что должно стать в будущем.

Это напоминает важнейший квантовый эффект, который был обнаружен в экспериментах с двойной щелью. Фотон, пролетая преграду с двойной щелью, как бы заранее знает о существовании двойной щели на его пути. Для описания такого странного поведения элементарных частиц Эрвин Шредингер ввел термин «запутанность» (entanglement). Запутанность причин и следствий он иллюстрировал в своем известном мысленном эксперименте с котом, который оказывается жив или мертв только в момент появления наблюдателя. В отсутствие наблюдателя квантовая частица ведет себя так, словно она распределена по всему времени и пространству и в одно и то же время находится везде. Фейнман считал, что элементарные частицы в отсутствие наблюдателя проходят по всем возможным траекториям одновременно. Появление наблюдателя как бы фиксирует частицу и ее траекторию. Физики называют это «коллапсом волновой функции», подчеркивая, что в отсутствие наблюдателя квантовые частицы ведут себя скорее как волна, чем как частица.

Эйнштейн был убежден, что в пространственно-временном континууме



*«различие между прошлым, настоящим и будущим — не более чем наше стойкое заблуждение».*

## ТЕОРЕМА ГЁДЕЛЯ О НЕПОЛНОТЕ

Универсальный язык *teristica universalis*, о котором так долго мечтали, *charac*, на изобретение которого претендовал Лейбниц, все время был рядом — в числах. Числа могут кодировать мышление. Ими можно выразить любое знание. Однако Лейбниц столкнулся с бесконечностью и отступил. Тем не менее его метод «нумерации идей натуральными числами» стал предтечей открытия, совершенного Гёделем. В 1931 году Курт Гёдель совершил поразительное открытие. Он установил, что математическую истину в некотором смысле нельзя формализовать полностью.

В начале XX века остро встала задача пересмотра оснований математики. Причиной тому стали многочисленные парадоксы в теории множеств, суть которых Анри Пуанкаре описал так:

*«В число финитных средств неизбежно попадает метод математической индукции, который сам подлежит формализации и, заметим, тесно связан с бесконечностью».*



Гильберт декларировал программу обоснования непротиворечивости математики. Он верил, что решение — в эффективной аксиоматизации не только существующей математики, но и применяемой математиками логики. Первым шагом в этом направлении явилась попытка построения внутренне непротиворечивой и адекватной (полной) формальной арифметики.

Формалисты представляют математику как своеобразную игру в формулы по четко определенным правилам. Напомним, что формальная аксиоматическая теория (или просто теория) предполагает наличие языка, аксиом и правил вывода. Язык состоит из алфавита, содержащего знаки предметных переменных и констант, предикатов и функций, скобки, термы и формулы.

Термы и формулы — это грамматика теории, т. е. четко определенные слова в данном алфавите, интуитивно обозначающие соответственно предметы и высказывания о них. Аксиомы и правила вывода можно назвать дедуктикой формальной системы. Формальный язык с грамматикой и дедуктикой образуют синтаксис. К синтаксису относятся понятия

формальной выводимости и доказательства. Смысл и истинностное значение формул принадлежат семантике, связанной с синтаксисом посредством интерпретаций и моделей. Важнейшими их свойствами являются непротиворечивость, полнота, разрешимость.

Курт Гёдель родился в городе Брно, столице чешской Моравии, в 1906 году. В двадцать лет он стал членом знаменитого Венского кружка — группы философов и математиков, занятых «новой логикой».

Они строили математику над математикой — метаматерику. Гёдель преклонялся перед фундаментальным проектом Альфреда Норта Уайтхеда и Бертрана Рассела в «Principia Mathematica» построить полную и непротиворечивую математическую систему.

И Гёдель похоронил этот проект. Теорема Гёделя, о которой мы уже говорили, может быть сформулирована следующим образом:



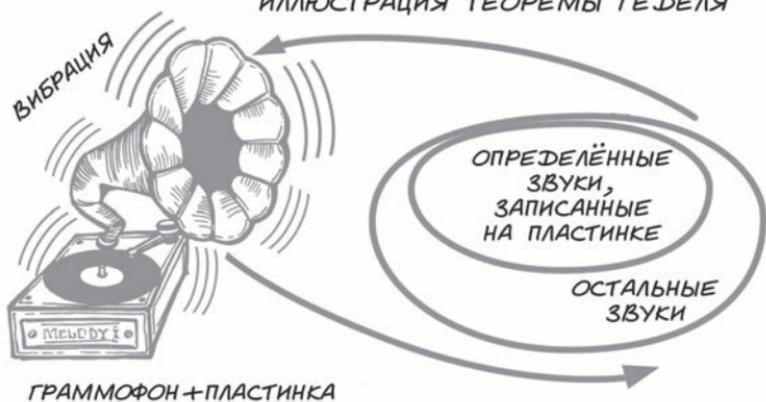
*«В любой достаточно сложной непротиворечивой теории существует утверждение, которое средствами самой теории невозможно ни доказать, ни опровергнуть. Например, такое утверждение можно добавить к системе аксиом, оставив ее непротиворечивой».*

В этой теореме доказывается парадоксальная идея, что в рамках данной формальной системы могут содержаться непроверяемые и одновременно неразрешимые и недоказуемые высказывания. В обобщенной форме теорема Гёделя о неполноте звучит так:



*«Непротиворечивость достаточно богатой теории не может быть доказана средствами этой теории. Однако вполне может оказаться, что непротиворечивость одной конкретной теории может быть установлена средствами другой, более мощной формальной теории. Но тогда встает вопрос о непротиворечивости этой второй теории, и т. д.».*

## ИЛЛЮСТРАЦИЯ ТЕОРЕМЫ ГЁДЕЛЯ



Обобщенная теорема о полноте утверждает, что непротиворечивость формальной аксиоматической теории равносильна существованию модели этой теории. Отсюда выводится теорема компактности Мальцева (1936):

*«Множество высказываний некоторой формальной аксиоматической теории имеет модель тогда и только тогда, когда любое его конечное подмножество обладает моделью».*

В научно-популярной книге американского профессора Рэймонда Смаллиана «Как же называется эта книга?» приводится упрощенная модель — «Гёделевы острова». В некоей островной стране каждый житель либо служит рыцарем и говорит только правду, либо имеет чин лжеца и всегда лжет. Среди рыцарей выделяются признанные рыцари. Некоторые множества островитян объявляются клубами, которые подчиняются ряду законов. Закон Г гласит, что для каждого клуба найдется житель, заявляющий, что он в нем не состоит. Закон Д: дополнение до всякого клуба снова есть клуб. Закон Р: все признанные рыцари образуют свой клуб. Закон Т: для любых клубов А и В существуют такие островитяне Х и У, что Х утверждает нечто, а У утверждает обратное. Естественно, что рыцари (признанные рыцари) интерпретируют истины (соответственно теоремы),

лжецы — ложные высказывания, а клубы — формально выражимые множества высказываний. Между четырьмя сформулированными законами существуют определенные логические зависимости. На основе законов-аксиом Г, Д, Р и Т можно, поразмыслив, доказать существование непризнанного рыцаря (недоказуемой истины). Этим размышлениям и посвящена книжка Смаллиана, которую он завершает словами:



*«И последнее, о чем я хочу сказать вам, пока не забыл. Как же называется эта книга? Эта книга так и называется — „Как же называется эта книга?“»*

В этой закольцованности — суть доказательства теоремы Гёделя. Дуглас Хофштадтер в известной книге «Гёдель, Эшер, Бах» привел метафору граммофона для иллюстрации теоремы Гёделя.

На граммофон ставится пластинка. Звук, создаваемый граммофоном, неожиданно попадает в резонанс с конструкцией граммофона и разрушает его. В этой системе формируется петля обратной связи: сигнал поступает от звуковых дорожек пластинки — к звуку, полученному при помощи граммофона, затем звук воздействует на граммофон, вызывая его вибрацию. Для любого граммофона существуют такие пластинки, которые нельзя на нем проигрывать. Однако на уровне действия петли (пластинка — звук — граммофон) невозможно прийти к этому выводу. Чтобы понять свое собственное устройство, необходимо рассмотреть его со следующего уровня.



**Чтобы понять устройство физического мира, его необходимо рассматривать на символическом уровне реальности.**

Теорема Гёделя есть фундаментальный философский факт, говорящий о каком-то глубинном свойстве реальности соединять порядок и хаос, которое наша математическая логика еще не освоила. Иными словами,



**система может быть детерминистской, не будучи алгоритмической.**

Такие детерминистские и в то же время неалгоритмические процессы могут играть центральную роль в квантовой механике (коллапс волновой функции) и могут использоваться мозгом. Роджер Пенроуз пришел к принципиальному выводу, согласно которому не только математические доказательства, но все процессы, связанные с работой мозга, сознания и мышления, не поддаются полной формализации и «исчислимости». Он пишет:

*«Данная способность обязательно должна быть неалгоритмической (доводы Гёделя) и может быть использована (помимо математики) для других разных целей».*



## СИМВОЛ КАК СТРУКТУРА

Платон, Декарт или Кант понимали, что в процессе математического кодирования слов и идей человек выходит за пределы первичного слоя логики. Отрываясь от чувственного конкретного восприятия, человек отрывается от физической реальности и попадает в символический мир. Символическая реальность существует и вместе, и параллельно реальности вещей и явлений. Символическая логика не столь однозначна, как чувственное восприятие. Она прежде всего дуальна. Двойственность символической логики является естественным следствием двойственности самого символа. Символ часто представляют в виде «странного» объекта, который одним своим концом «утопает» в мире вещей и явлений, а другим — в абстрактном мире структур вещей и явлений. Это «тот мир», который проявляет себя в деятельности сознания, в виртуальной реальности и в структуре вещей и явлений.

### **Структура вещей и явлений — вне вещей и явлений.**

Диалектика учит необходимости удерживать в сознании одновременно два взгляда — «извне» и «изнутри». Но наше рудиментарное сознание все еще плохо приспособлено к таким упражнениям и реализует дуальность в импульсном режиме, переключая внимание от одного взгляда к другому последовательно.

Наше биологическое зрение устроено много лучше. На сетчатках правого и левого глаза отпечатываются двухмерные изображения. Мозг совмещает эти изображения и с учетом угла схождения линий наблюдения каждого глаза реконструирует трехмерный образ предмета. Подобный переход в новое измерение, где вещи и явления представляются такими, какие они есть на самом деле, необходимо совершить и логическому мышлению.

Для примера рассмотрим знаменитый парадокс древнегреческого жреца и провидца Эпименида, известный как «парадокс лжеца»:



*«Критянин Эпименид поведал, что все критяне лжецы».*

Данное утверждение не может быть истинным, потому что тогда оно становится ложным. Оно не может быть ложным, потому что тогда оно становится истинным. Оно не ложно и не истинно, или истинно и ложно одновременно. В реальной жизни все критяне не могут быть лжецами. Даже лжецы часто говорят правду. В воображаемом мире это возможно, но при условии «головоломной зацикленности». Американский физик Дуглас Хофштадтер, автор книги «Гёдель, Эшер, Бах: эта бесконечная гирлянда», как-то заметил:

*«В строгом логическом мире чисел, в прозрачном раю, способно произойти поистине странное».*



На первом шаге Эпименид поведал истину, что все критяне лжецы. На втором шаге истина, поведенная лжецом, становится ложью. И это подтверждает истину того, что поведал Эпименид. Ступив на этот путь, уже не остановиться. Истина (1) расщепляется на истину-ложь ( $1-0 \rightarrow 10$ ), а ложь (0) — на ложь-истину ( $0-1 \rightarrow 01$ ). Истина и ложь существуют одновременно.

Это расщепление, в процессе которого 1 превращается в 10, а 0 превращается в 01, представляет собой рассмотренную ранее последовательность Морса–Туэ. На первый взгляд ряд Морса–Туэ не несет ничего, кроме сдвигов между единицей и нулем. Однако, присмотревшись внимательно, можно заметить, что после третьего шага ряд Морса–Туэ состоит из элементов 1001 и 0110.

Со времен Римана ученые знают, что ввод новых измерений упрощает законы природы. Добавим одно измерение к линейному преобразованию Морса–Туэ:

$$1 \rightarrow \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

и

$$0 \rightarrow \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$



Теперь, если цифру 0 мы будем изображать белым квадратом, а цифру 1 — черным квадратом, то мы получим некую геометрическую структуру, напоминающую ковер. Назовем ее «ковром Морса–Туэ».

Справедливости ради заметим, что удивительную последовательность Морса–Туэ многократно открывали в прошлом и продолжают открывать по сей день. Так, в 1851 году ее открыл Пруэ (P. Prouhet) — задолго до Туэ. Нидерландский гроссмейстер Макс Эйве открыл ее применение в шахматах, показав, как можно играть бесконечно долго, не нарушая правил ничьей.

С той или иной формой парадокса Эпименида мы сталкиваемся на каждом шагу.

Вот, например, часто цитируемое правило:

1. Начальник всегда прав.
2. Если начальник не прав, то смотри пункт 1.

Это не что иное, как парадокс Эпименида.

В коммерческой деятельности регулярно возникает дилемма выбора того, что первично — сбыт или основные средства для сбыта, «курица или яйцо». Предыстория продаж появляется при наличии товара, а покупка и поставка товара требует уверенности — предыстории продаж. Это тоже типовой пример логической последовательности типа Морса–Туэ.

Известен «парадокс цирюльника», описанный британским философом и математиком Бертраном Расселом. Цирюльник — человек, который бреет только тех мужчин, которые не бреются сами. Бреет ли цирюльник сам себя? Если да, то он бреет сам себя, но он не может брить того, кто бреется сам. Рассел понял, что существование парадокса обусловлено рекурсией.

**Рекурсия стала кислородом, питающим  
пламя.**



Чтобы избавиться от этого парадокса, Рассел предпринял решительные меры. Правила символизма в его трехтомнике по логике и философии математики «Principia Mathematica», изданном в 1910 году в соавторстве с Альфредом Уайтхедом, запрещают «пожирающие свой хвост циклы обратной связи», которые создают подобные парадоксы неоднозначности.

На примере логической последовательности Морса–Туэ мы видим, как простые логические операции при их многократном повторении генерируют довольно сложные и запутанные символические структуры. Их еще называют «паттерн» — от английского слова «*pattern*», означающего шаблон поведения.

Такая символическая логика все настойчивее проникает в наш обиход. Дайте время, и она станет «здравым смыслом». С появлением квантовой физики мы вплотную подошли к необходимости удерживать в голове и применять одновременно несколько логических моделей. Квантовый объект, согласно принципу дополнительности, есть и волна, и частица. Такой формат мышления еще трудно назвать здравым смыслом. Но дайте время, и здравый смысл освоится с этой логической головоломкой.

☞ **Один из лучших способов приспособить здравый смысл к странному поведению реальности — это создать машину, которая бы это поведение реальности моделировала и иллюстрировала.**

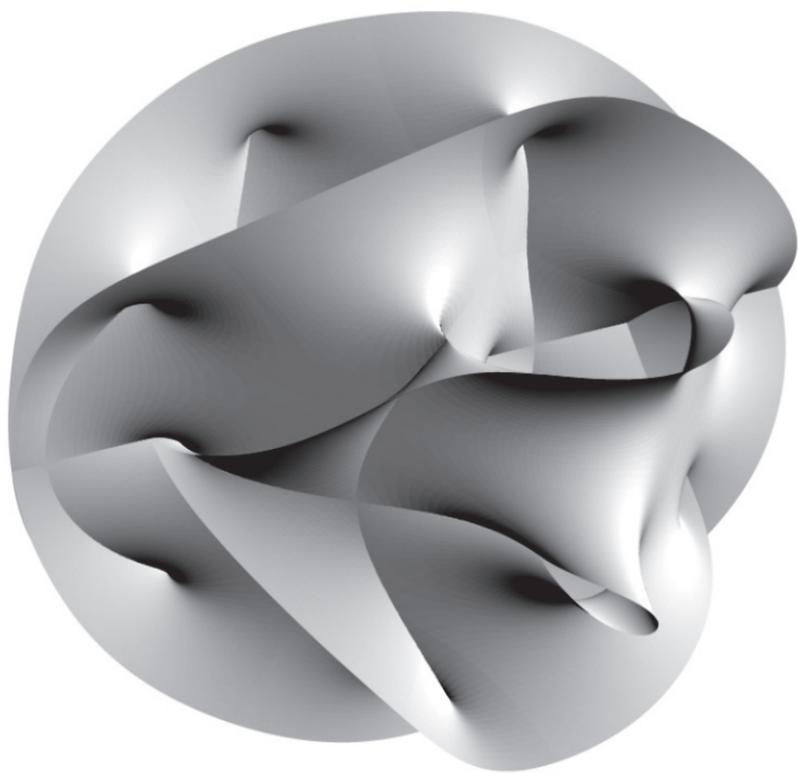
Так колесо и волчок появились задолго до открытия Галилеем законов механики. Призма и телескоп появились раньше оптической теории Ньютона. Паровой двигатель появился раньше, чем Сади Карно заложил начала термодинамики. Так ребенок, играющий с волчком, интуитивно усваивает понятие момента импульса. Появление квантового компьютера ускорит адаптацию здравого смысла к новому формату символической логики.

## **ГЛАВА III.**



### **ВЕЩЬ КАК СИМВОЛ: КВАНТ, БИТ, ГЕН**

- **Суперсимметрия:  
квант в действии**
- **Энергия, энтропия,  
революция**
- **Символ и сознание**



## СУПЕРСИММЕТРИЯ: КВАНТ В ДЕЙСТВИИ

Мы живем на планете, обращающейся вокруг звезды во внешнем рукаве спиральной галактики Млечный Путь. Со стремительной скоростью 120 км/с к нам приближается галактика Андромеды. Но лобового столкновения не случится. В каждой из галактик больше пустоты, чем вещества. Произойдет сцепление и проникновение галактик друг в друга. Однако столь глобальная метаморфоза может разрушить нашу среду обитания.

Впрочем, для мира это совсем не фатально. Пространство вокруг причудливо изгибается и сворачивается. Вещество пропадает в черных дырах и снова возникает из квантового вакуума. Мы живем в квантовом мире. Все состоит из атомов. Существует множество разных атомов. Однако любой атом состоит из электронов, протонов и нейтронов. Протоны и нейтроны состоят из адронов. Адроны состоят из адронов!

Точнее, при расщеплении адронов появляются другие адроны. Они отличаются друг от друга, и эти отличия можно моделировать, представляя адроны в форме композиций кварков и глюонов, поведение которых имеет одну странность. Кварки и глюоны не могут существовать автономно. Их ассоциации строго регламентированы. У материи собственная и довольно специфическая обменная валюта — структура вещества. Так, адроны представляют собой элементарные «просто структуры», для описания которых используют символические конструкции — кварки и глюоны.

**Квант есть элемент вещества, фрагмент действия и «просто структура».**



Но этого мало. Элементарные частицы вещества (такие как кварки и электроны) и элементарные взаимодействия (такие как глюоны и фотоны) могут поменяться местами так, что ничего вокруг не изменится. Такая возможность была предсказана в Московском математическом институте им. В. А. Стеклова доктором Ю. А. Гольфандом и его аспирантом Е. П. Лихтманом в 1970 году и получила название суперсимметрии. Идея суперсимметрии в том, что из множества возможных отношений между элементами вещества (бозонами) и элементарными взаимодействиями (фермионами) реализуются только те, которые допускают замену кванта вещества квантом взаимодействия при сохранении свойств и качеств системы в целом. Фермионы превращаются в бозоны. Или наоборот. Это удивительно. Можно выполнить вычисления с фермионами, напустить на каждый операцию суперсимметрии и получить результат для бозонов.

Неизменность системы относительно преобразований физики называют инвариантностью, а математики предпочитают говорить о симметрии. Так, если в уравнении  $x^2 = 4$  вы замените  $x$  на  $-x$ , то от этого ничего не изменится — это уравнение симметрично или инвариантно относительно преобразования

$$x \rightarrow -x.$$

Если вы повернете равносторонний треугольник на  $120^\circ$  относительно его центра, то перед вами останется все тот же треугольник. При этом, чтобы «видеть» симметрию, нужна ось, перпендикулярная (ортогональная) плоскости треугольника. Нужен своего рода взгляд со стороны, «взгляд извне».

Суперсимметрию между веществом и взаимодействием обнаружили математики. Они рассматривали вещество и взаимодействие с ракурса, и веществу, и взаимодействию ортогонального, отстраненного и от вещества, и от взаимодействия. Они изучали формулы. Формулы состоят из символов, означающих величины и связывающие их операции. В этом смысле суперсимметрия есть символическая симметрия — симметрия символов.

Свойство симметрии накладывает существенное ограничение на отношения между элементами системы. Малейшее изменение длины одной из сторон равностороннего треугольника нарушит условие симметрии. Возьмем уравнение:

$$x \times y = 4.$$

Это уравнение имеет бесконечно много решений. Однако если мы добавим условие симметрии  $x = y$ , то решений останется только два: 2 и  $-2$ . Точно так же выполнение условий суперсимметрии ограничивает структуру возможных отношений между элементами вещества и элементарными взаимодействиями.

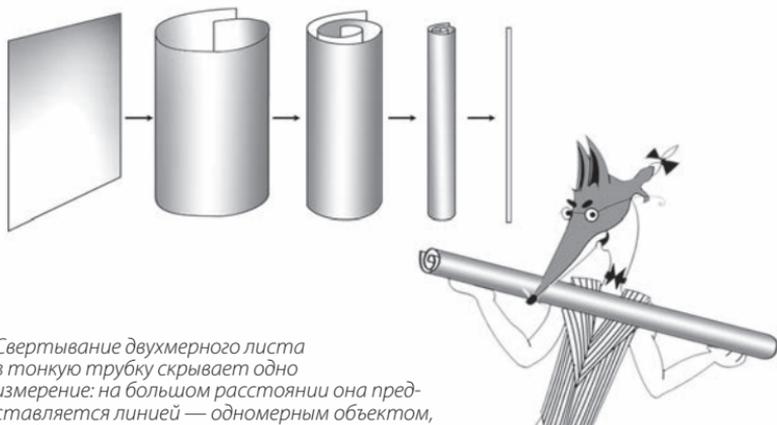
Ограниченность можно интерпретировать как связность кванта вещества и кванта действия в одно целое. Такая интерпретация сложилась в теории струн. В масштабах порядка  $10^{-35}$  метра, то есть на 20 порядков меньше диаметра протона, и при столь высоких энергиях взаимодействий, что это и представить немислимо, элементы вещества и элементарные взаимодействия превращаются в серию или сеть стоячих волн, подобных тем, что возбуждаются в гитарной струне. Чем выше вибрация струны, тем выше ее энергия и тем выше масса наблюдаемой частицы. Такова в первом приближении идея теории струн. Элементарные частицы — вовсе не частицы, а микроскопические тончайшие струны. То, что физики фиксируют как траекторию движения частиц, может оказаться траекторией возмущений, проходящих по струнам. Эта модель совмещает вещество, имеющее протяженность в пространстве, и действие, имеющее протяженность во времени.

Еще в 1908 году немецкий ученый Генрих Миньковский, создатель математического аппарата теории относительности, развивая идеи Эйнштейна, декларировал («Raum und Zeit»):

*«Отныне пространство само по себе и время само по себе должны обратиться в фикции, и лишь некоторый вид соединения обоих должен еще сохранить самостоятельность».*



Если теперь потребовать, чтобы поведение струн подчинялось условию суперсимметрии, то окажется, что в четырехмерном пространстве-времени это невыполнимо. Зато вполне реально во многомерном пространстве. Модель многомерного физического пространства в начале XX века предложил немецкий математик Теодор Калуца и усовершенствовал шведский физик Оскар Клейн. Суперсимметричные



*Свертывание двухмерного листа в тонкую трубку скрывает одно измерение: на большом расстоянии она представляется линией — одномерным объектом, а не двухмерным, каким была плоскость*

струны — суперструны — могут существовать в пространстве одиннадцати измерений. Мы едва привыкли к четырехмерному пространству, которое содержит три пространственных и одно временное измерение (влево-вправо, вверх-вниз, вперед-назад, прошлое-будущее), как нам предложено свыкнуться с причудливым одиннадцатимерным пространством. Для этого нам советуют представить, что «лишние» измерения туго свернуты (или, выражаясь научным языком, «компактифицированы») в масштабах порядка  $10^{-35}$  метра. Более того, подобно гитарным струнам, суперструны закреплены своими концами в многообразиях, напоминающих гибкие поверхности — мембраны. Мембрана — гибкая двумерная пластина. Многомерные мембраны физики называют бранами. Браны разнообразны, их размерность может изменяться от 1 до 9.

В настоящий момент заметно некоторое недовольство теорией струн.



**Дело не в том, что она не верна, а в том, что не известно, верна ли она.**

Это относится и ко всем альтернативным теориям. Суперструна — не единственное, что есть в программе. Классическую стандартную теорию еще рано списывать со счетов. Однако, и кроме нее, есть смелые конкурирующие предложения.

Среди них — «петляющая квантовая гравитация». В 80-х годах XX века американский физик-теоретик Абэй Аштекар нашел, как могут выглядеть уравнения Эйнштейна в квантовой области, где пространство становится «зернистым». Американец Ли Смолин и итальянец Карло Равелли развили его идеи. Они построили модель пространства, которое представляет собой нечто вроде средневековой кольчуги, собранной из очень маленьких, сцепленных между собой кусочков порядка  $10^{-35}$  метра в поперечнике. Они заметили, что детали этой кольчуги становятся очень запутанными, когда звенья «заузливаются» или сплетаются между собой как косы. В 2004 году австралийский физик-теоретик Санденс Билсон-Томсон открыл, что некоторые из этих кос точно воспроизводят правила сочетания кварков. По всему фронту современной физики — от квантовых частиц до черных дыр — на передний план выходит топология — геометрия в ее самом чистом виде.

Американский специалист в области теоретической физики, активный популяризатор науки Митио Каку в предисловии к книге «Гиперпространство: научная одиссея через параллельные миры, дыры во времени и десятое измерение» пишет:

*«Все, что мы видим вокруг, — от деревьев и гор до самих звезд, — не что иное, как „вибрации в гиперпространстве“. Если это верно, значит, у нас появляется возможность элегантно и просто описать Вселенную средствами геометрии».*



И далее, тридцать страниц спустя:

*«Материя во Вселенной и силы, которые не дают ей разлететься и придают ошеломляющее, бесконечное разнообразие замысловатых форм, могут оказаться не чем иным, как различными вибрациями гиперпространства».*



Эдвард Виттен, лауреат Филдсовской медали, сделал смелое предсказание — одной из важнейших тем в математике двадцать первого века будет интегрирование идей из квантовой теории поля:



*«Перед нами раскинулся обширный горный хребет, большая часть которого все еще в тумане. Математикам видны только самые высокие вершины, возвышающиеся над облаками в отрыве друг от друга. В дымке все еще скрыт сам хребет, покоящийся на гранитном основании квантовой теории поля, а вместе с ним скрыты и россыпи математических сокровищ».*

Шаг за шагом мы втягиваемся в геометризацию физики. Элементы вещества и элементы взаимодействия представляют собой части сложной многомерной структуры, геометрию которой мы еще не знаем. Более того, классическая геометрия не в состоянии описать физику на квантовом уровне. Новая квантовая геометрия еще не создана, но совершенно ясно, что она должна совмещать гладкость пространства в больших масштабах и его рифленость в масштабе планковской длины.

Автор двух терминов, широко распространившихся в науке и научной фантастике, — «черная дыра» и «кротовая нора», американский физик Джон Арчибальд Уилер еще в 1957 году представил идею квантовой пены, предчувствуя, как новая геометрия должна описать переход от гладкого пространства на больших масштабах к рифленому пространству — на малых масштабах.

Спустя полвека наши представления о геометрии реальности стали несколько более определенными. Эта геометрия должна быть построена как геометрия многомерных пространств с объектами, структура которых топологически связана. Эйнштейн говорил о «фантомном взаимодействии на расстоянии», а венгерский философ науки и интегральный теоретик Эрвин Ласло писал:

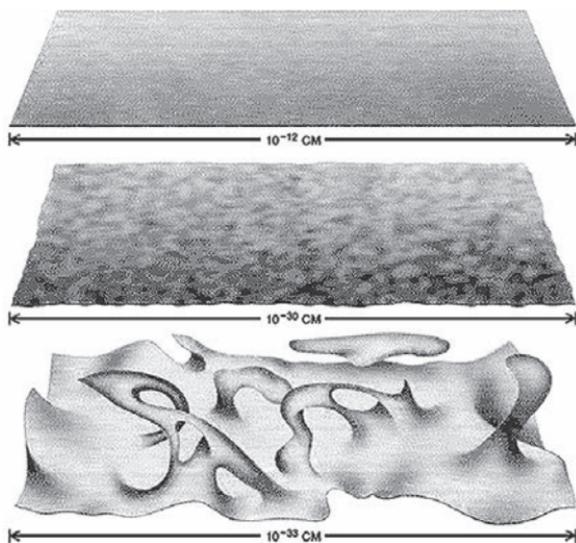


*«Все, что происходит в одном месте, происходит и в других местах; событие, случившееся в одном времени, случается и в других временах».*

Фотоны могут достигнуть цели раньше, чем отправятся в путь, и могут находиться в двух точках пространства одновременно.



**Эффекты реальности участвуют в яростной пляске со своей основой.**



*Квантовая пена, как ее представил в 1957 году Джон Уилер, становится все более хаотичной, если рассматривать ее на все более малых расстояниях в пространстве. В масштабах атомных ядер (вверху) пространство выглядит очень гладким. На расстояниях порядка 10–30 см начинают проявляться некоторые неровности (в середине). На расстояниях, примерно в 1000 раз меньших, т. е. в масштабах планковской длины (внизу), кривизна и топология пространства сильно флуктуируют*

Более того, новая интерпретация реальности должна объединять геометрическую точность с неопределенностью. Иллюстрирующая ее геометрия вполне может оказаться не совсем четкой. Нечеткая логика и нечеткая геометрия все чаще выходят на первый план. Майкл Барнсли и его единомышленники развивают теорию суперфракталов, комбинируя идеи из хаотической динамики и топологии с целью геометрически описать системы, способные непрерывно создавать и пересоздавать себя. Они обнаружили, что генератор случайности позволяет склеивать в одно единое целое не связанные друг с другом системы уравнений. Теперь становится ясным, что случайность не противостоит, но сопутствует единству разнообразий.

Однако, какова бы ни была квантовая геометрия, квантовые частицы должны потерять свою фундаментальность — они часть вибрирующей сети. Свойства, которые они демонстрируют, это вовсе не их индивидуальные качества, но качества сети, частью которой они являются. Они — в зависимости

от ракурса обзора — то узловые точки, то связывающие их нити сети. Они то появляются, то исчезают. Все вокруг мерцает. Весь этот квантовый фейерверк, тем не менее, строго и точно согласован.

Силы слабого и сильного ядерного взаимодействия проявляют себя в том, что повсеместно формируются скопления квантовой пыли — атомы и молекулы. Они, в свою очередь, влияют друг на друга, и это обратное влияние описывает поле электромагнитного взаимодействия. Кластеры из атомов и молекул — планеты и звезды — тоже влияют друг на друга. Их влияние выражается силами гравитационного взаимодействия.

Наше тело ощущает гравитацию. Гравитация не позволяет нам воспарить, оторваться от Земли, испариться. У нас есть твердая опора под ногами. У Земли ее нет. Она каждую секунду падает на Солнце. И это состояние Земли устойчиво.

Устойчивость сетевого мира не нуждается в фундаментальном основании. Достаточно узлов концентрации и связей между ними. И еще необходима структурная организация сети. Этот третий элемент сетевой реальности присутствует в существующих теориях «ad hoc» — по умолчанию. Его никто не выделяет. Он как бы проистекает из логики поведения вещества и взаимодействий, которую подтверждают в изошренно поставленных экспериментах.

Между тем структура эксперимента искажает геометрию сетевых отношений ровно так, как масса искажает структуру пространства. То, что наблюдатель в момент наблюдения изменяет наблюдаемое, — признанный факт. Современная научная мысль ощущает потребность описать влияние структуры эксперимента (пространственная организация и последовательность операций) на структуру объекта исследований. Но все наши попытки сделать это упираются в «мягкую стену» неопределенности. Эксперимент отражает подстроившуюся под эксперимент реальность. В процессе эксперимента реальность маневрирует. Эффект реактивно изменяющейся, подлаживающей себя под эксперимент реальности выходит из тени. Этот эффект оказывается в центре внимания. Мы видим, как результат биржевых операций формируется ожиданиями биржевых игроков. Подобным образом результат физического эксперимента отражает ожида-

ния экспериментатора, которые встроены в структуру и технику проведения эксперимента.

**Действительность пластична при том, что она строго и точно регламентирована.**



Источник слаженной пластики реальности в том, что она не только пребывает в пространстве, будучи материальной, и не только совершается во времени, будучи действенной, но она также присутствует в облаке отражений. Каждый элемент вещества и каждое элементарное действие отражаются от всех остальных элементов вещества и элементарных действий. И это облако отражений активно. Оно оказывает влияние на вещи и на действия. Облачная сеть организует элементы вещества и элементарные взаимодействия в единую слаженную структуру, напоминающую мифическую сеть Индры, о которой мы знаем из «Аватамсака-сутры». В пересказе сэра Чарльза Элиота фрагмент «Аватамсака-сутры» звучит так:

*«В небесах Индры есть жемчужная сеть, и жемчужины эти расположены таким образом, что, посмотрев на одну из них, узришь в отражении на ее поверхности все остальные».*



Представьте бриллиантовую сеть, в каждом узле которой находится бриллиант: в его гранях отражаются все бриллианты, и сам он тоже отражается во всех остальных бриллиантах. Бриллианты находятся в движении, но их движение согласовано таким образом, что в любой момент каждый бриллиант отражается во всех остальных бриллиантах. Эта фантастическая бриллиантовая паутина нависает над дворцом бога Индры.

Справедливости ради надо сказать, что существует старая китайская притча о царице, попросившей даосского мудреца объяснить ей устройство мироздания. Мудрец велел зашторить окна в одной из палат царского дворца, разместил множество зеркал, зажег свечу в центре палаты и пригласил царицу. «Осталось самое сложное — сказал он ей в окружении мириады отражений свечи и зеркал друг в друге, — представьте, что все вокруг вас находится в движении».

Справедливости ради надо сказать, что попытки технического воплощения «принципа Индры» повторяются и, вероятно, будут повторяться. Так, в 1987 году Клод Шеннон придумал модель киберпространства — «зазеркальный лабиринт»:



*«Представьте все возможные зеркальные комнаты, расположенные со смыслом, так, что когда вы, находясь в одной из таких комнат, посмотрите в любом направлении, то пространство окажется разделенным на ряды комнат. При этом вы будете находиться в каждой из этих комнат, и так до бесконечности, без противоречий».*

Шеннон надеялся построить такую галерею зеркал в своем доме, но так этого и не сделал.

## ЭНЕРГИЯ, ЭНТРОПИЯ, ЭВОЛЮЦИЯ

Со школьных времен мы помним, что энергия — это способность выполнять работу. Энергия позволяет и понуждает что-то делать. Энергия в замкнутой физической системе сохраняется. В этом смысле энергия предана своей замкнутой системе. Но, сохраняясь, энергия не утрачивает возможности к трансформации.

**Подобно оборотню, способному превращаться из человека в животное, энергия может превращаться из кинетической в потенциальную и принимать разные формы: теплота, работа, механическая энергия, электрическая энергия и многие другие.**



Начиная с работ Галилея и Ньютона было известно, что все движущееся обладает кинетической энергией, а все тела, которые находятся в поле тяготения, обладают потенциальной энергией — способностью к движению. Кинетическая энергия может превратиться в потенциальную. Однако обобщенное понятие энергии оформилось только в XIX веке благодаря появлению теории теплоты. В 1842 году Юлиус Роберт Майер служил судовым врачом. Во время путешествия на остров Ява он сформулировал закон сохранения энергии, или первый закон термодинамики:

**Теплота является одной из форм энергии, а полная энергия замкнутой системы всегда сохраняется.**



Эта идея сегодня кажется простой и даже тривиальной. Но это не так. Напомним, что со времен греческих мыслителей физики считали первоэлемент материи (атом) фундаментальной основой природы. Оказалось, что атом можно делить, и делить настолько, что от материи ничего не остается. Однако «ничто» все-таки сохраняется. И это «ничто» есть абстрактная численная величина — энергия. Энергия сохраняется, но принимает разные формы. Даже такие, о которых мы, быть может, еще и не подозреваем. Ричард Фейнман в «Лекции о сохранении энергии» пишет:



*«Установлен факт, или, если хотите, закон, а по существу математический принцип, согласно которому существует некая числовая величина, называемая энергией, которая не меняется, что бы ни происходило. Это не описание какого-либо объекта или процесса; это просто то странное обстоятельство, что мы можем вычислить некоторое число, и когда мы закончим наблюдать за проделками природы и вычислим это число еще раз, оно останется прежним».*

Мы знаем, что если объект или явление существуют, то они обладают энергией. Если позитрон и электрон «ничего не делают», а потом соединяются и исчезают, то высвобождается определенное количество энергии излучения и его можно подсчитать. Все, что требуется, — это знать массу объектов и подставить ее в формулу Эйнштейна:  $E = mc^2$ .

Между тем мы не понимаем, что такое энергия как таковая. Для нас энергия — это только лишь математическая величина, очень абстрактная и даже, пожалуй, символическая. Последнее вернее всего. В трактовке Амалии Эмми Нётер законы сохранения энергии есть следствия символической симметрии. Теорема Нётер утверждает, что управляющие энергией законы неизменны (инвариантны) относительно непрерывных изменений или преобразований во времени.



### **Законы сохранения — это проявления симметрии.**

Однако что такое симметрия? Прежде всего это нечто привлекательное для человека. Природа буквально «кишит» разными видами симметрии. Их разнообразие восхищает. Герман Вейл смог точно и элегантно определить симметрию:



*«Вещь считается симметричной, если мы можем с ней что-то сделать таким образом, что после этого она выглядит так же, как раньше».*

Нётер доказала, что если некое физическое количество сохраняется, то законы сохранения — каковы бы они ни были —

должны быть инвариантны некоему непрерывному преобразованию симметрии. Что же такое «непрерывное преобразование симметрии»? Поясним на примере. Круг симметричен относительно непрерывного вращения, поскольку на какой бы угол мы ни повернули круг, он будет выглядеть неизменившимся. С квадратом такая манипуляция не пройдет. Квадрат симметричен только при повороте на  $90^\circ$ . Применительно к симметрии законов сохранения это означает следующее. Математические уравнения, описывающие поведение физической системы в какой-то момент времени, будут точно такими же и через бесконечно малый промежуток времени. Это хорошая новость. Вы только представьте себе мир, в котором законы изменяются на каждом шагу!

**Таким образом, закон сохранения энергии указывает на то, что физические законы неизменны во времени.**



Глубинная симметрия природы проявляет себя в символических структурах — в уравнениях. Природа говорит уравнениями. И среди них есть такие, которые симметричны относительно того или иного преобразования. Симметрия сама по себе есть знак присутствия какой-то символической организации физической реальности.

Интуитивно это предчувствовали древнегреческие мыслители, пытавшиеся выявить первоэлементы мироздания. Они были почти правы. Но вода, земля, воздух, пламя и даже эфир не сохраняются. Все они появляются, преобразуются и исчезают. Сохраняется только энергия. Эйнштейн показал, что любое вещество можно преобразовать в энергию, а из энергии может родиться все что угодно. Мы не можем ни создать, ни уничтожить энергию. Мы можем только преобразовать энергию из одного вида в другой.

Из закона сохранения энергии следует возможность конвертации вещества в движение, и наоборот. Материальное и динамическое в своем единстве образуют физическую реальность.

Если понятие «энергия» связывает вещественное и динамическое, то понятие «энтропия» связывает символическое (информационное, математическое) и физическое (вещественное, динамическое). Энергия и энтропия дополняют друг друга.

**Э Энергия заставляет физические системы что-то делать — а что именно нужно делать, говорит энтропия.**

Слово «энтропия» Клаузиус ввел в 1824 году. Он обнаружил «нечто», связанное с энергией, но не энергию. Он мог это «нечто» количественно определить, но не мог ясно описать. Клаузиус занимался термодинамикой. Термодинамика развивалась одновременно с паровыми двигателями. Она сосредоточилась на преобразованиях тепла или энергии в работу. Клаузиус заметил, что когда происходит это преобразование и тепло приводит в движение движитель, само тепло не исчезает, а переходит от более горячего тела к более холодному. Сади Карно представлял себе процесс передачи теплоты как течение некой субстанции — «флюгистона», или теплорода. Он сравнивал процесс теплопередачи с водяным колесом. Вода спускается сверху вниз. Воды не становится ни больше, ни меньше. Во время движения вниз вода производит работу. Способность термодинамических систем производить работу зависит не столько от самого тепла, сколько от разности температур горячего и холодного тела. Горячий камень, опущенный в холодную воду, способен производить работу. Например, создавая пар, который вращает турбину. В конечном итоге камень и вода достигнут одинаковых температур. Когда температура всех элементов замкнутой системы одинакова, работа больше не будет производиться. Именно эту недоступность энергии, ее бесполезность для работы Клаузиус назвал энтропией, что в переводе с греческого означает «содержание преобразования», или «способность к превращениям».

**Э Энтропия, согласно Клаузиусу, есть мера недоступности энергии.**

В том же 1824 году Никола Сади Карно сформулировал принцип, названный вторым началом термодинамики:

«Само собой тепло передается от горячего тела к холодному, но не может переходить от холодного тела к горячему».

Геймгольц придал этому началу космологический характер:



«Вселенная обречена на вечный покой».

Тепловая смерть не холодна, она еле теплая и скучная. Рассеянная энергия существует, но она бесполезна. Второй закон термодинамики есть тенденция Вселенной двигаться от менее вероятных (более упорядоченных) состояний к более вероятным (беспорядочным) состояниям. Вероятность того, что тепло перейдет от более холодного тела к более тепловому (без вмешательства извне), крайне мала. Крайне мала вероятность того, что порядок появится из беспорядка (без вмешательства извне). Упорядоченные состояния имеют низкую вероятность и низкую энтропию. Холодный и теплый газ в сосуде легко размешивается, но обратно никак не разделяется. Физика не запрещает разделение газа в сосуде на горячий и холодный, просто вероятность этого события крайне мала. Мы можем хоть целую вечность наблюдать за газом в сосуде и не дождемся, когда он разделится на горячие атомы в одной части сосуда и холодные — в другой.

Наряду с термодинамическим толкованием Клаузиуса, у второго начала термодинамики есть и статистическое толкование. Его предложил Людвиг Больцман. Согласно Больцману, энтропия есть мера вероятности пребывания системы в том или другом состоянии. Больцман открыл эквивалентность усреднения по времени усреднению по ансамблю (эргодичность). Это открытие не могло не тревожить Больцмана. Дело в том, что законы природы есть уравнения, параметры которых представляют собой статистически осредненные величины. Но это полбеда. Беда в том, что при выборе этих величин допустимы субъективность и произвол. Например, температура газа — мера средней энергии молекул — выбрана Цельсием, Фаренгейтом, Кельвином и другими на основе их собственных предпочтений. В таком случае законы термодинамики, построенные на основе столь субъективных параметров, не могут быть сведены к абсолютным законам механики Ньютона. И, если так, нет оснований считать, что статистические законы выражают объективную реальность. Это не давало покоя Больцману. Трагизм положения только усиливал тот факт, что его идеи не находили понимания у современников. Больцман болезненно переживал напряженные полемики вокруг молекулярно-кинетической теории и впал в депрессию. Во время одного из приступов депрессии он покончил с собой. На его могильном камне выбита самая известная из его формул:

$$S = k \cdot \ln P,$$

где  $S$  — энтропия,  $k$  — постоянная Больцмана, а  $P$  — число способов, которыми может быть осуществлено это состояние.

Ральф Хартли обнаружил, что формула Больцмана применима к процессам передачи информации. Для практического применения Клод Шеннон предложил измерять информацию как функцию вероятности событий и переписал формулу так:

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i,$$

где  $H$  — мера информации, а  $p_i$  есть вероятность каждого сообщения.

В этой трактовке мерой информации стала мера неопределенности, мера неожиданности того или иного сообщения. Ее стали называть энтропией сообщения, энтропией Шеннона или просто информацией. Требовалась новая единица измерения. Шеннон предложил:

*«Получившиеся единицы можно назвать двоичными цифрами (binary digit) или, более кратко, битами».*

Так появились биты. Бит, как наименьшее возможное количество информации, представляет собой количество неопределенности, возникающее при подбрасывании монеты. В этом случае логарифм по основанию 2 от  $1/2$  есть  $-1$ . Таким образом,  $H = 1$  бит. Знак, выбранный из алфавита в 32 знака, несет больше информации, а именно 5 бит, поскольку логарифм от 32 по основанию 2 есть 5. Строка из 1000 таких знаков содержит 5000 бит информации.

Теперь энтропия стала мерой информации. Энтропия приобрела физический смысл. Она пропорциональна числу битов, равных числу возможных микросостояний системы. В процессе обработки информации биты организуются. Описание структуры организации битов может быть сведено к некоторой строке или матрице битов. Эта строка — полезная информация о системе. Неосмысленная и необработанная информация бесполезна. Бесполезная информация равна энтропии системы с отрицательным знаком. Она относительна. Разные наблюдатели могут обладать разной долей полезной информации. То, что известно одному наблюдателю, может быть неизвестно



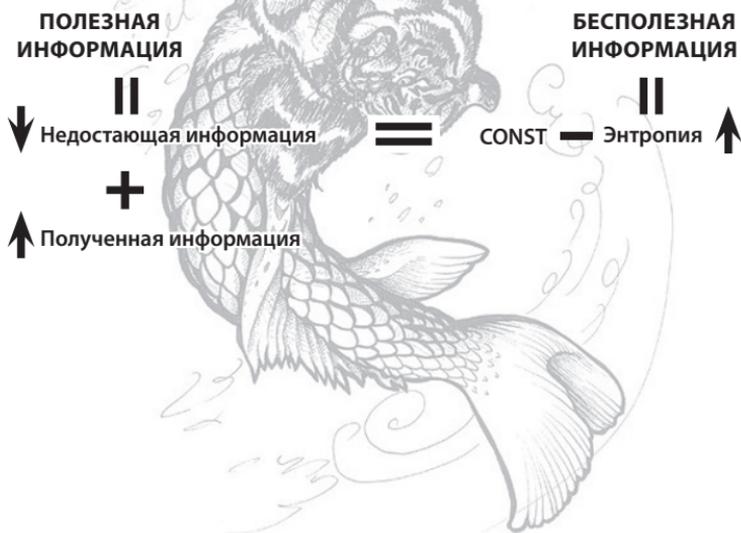
Людвиг Больцман: «энтропия связана с недостающей информацией о системе».

+ ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ  
+ КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ

CONST



Формула Клода Шеннона: «недостающая полезная информация + энтропия = const».



+ НЕДОСТАЮЩАЯ ПОЛЕЗНАЯ ИНФОРМАЦИЯ  
Э Н Т Р О П И Я  
CONST

*Энергия — это оборотень, в зависимости от положения наблюдателя изменяется потенциальная и кинетическая энергия, но их сумма сохраняется.*

*Энтропия — это оборотень, в зависимости от осведомленности наблюдателя изменяются недостающая полезная информация о системе и энтропия.*

другому. Но сумма недостающей полезной информации и энтропии одинакова для любого наблюдателя. В этом суть известного принципа Шеннона:

☞ **сумма недостающей полезной информации и энтропии есть величина постоянная.**

Энергия — это оборотень, в зависимости от положения наблюдателя изменяется потенциальная и кинетическая энергия, но их сумма сохраняется.

Энтропия — это оборотень, в зависимости от осведомленности наблюдателя изменяются недостающая полезная информация о системе и энтропия.

Отсюда следует также, что прирост полезной информации равен приросту энтропии. По мере получения полезной информации о системе величина недостающей полезной информации о системе уменьшается, а энтропия системы растет в полном соответствии со вторым началом термодинамики.

Энтропия — бесполезная информация. Она связана с бесполезной теплотой. Наши серверы, обрабатывая информацию, поглощают все больше энергии и выбрасывают все больше теплоты в окружающую среду.

Научная мысль еще в XIX веке подошла к пониманию того, что вещество отличается от движения, причем они тесно связаны. Это понимание основано на том, что по закону сохранения энергии вещество превращается в движение. Затем произошло осознание того, что энергия отличается от информации, при том что они тесно связаны. Это понимание сформировалось вместе с представлениями об энтропии как о мере информации.

☞ **Энергия представляет вещественное и динамическое как единую категорию — физическую реальность, а энтропия связывает физическое и символическое в одно образование, которое, по существу, и есть настоящая реальность.**

Реальность эволюционирует. Ламарк первым постулировал изменчивость видов, причину которой он видел в непре-

рывной приспособляемости организмов к окружающей среде: жираф, вынужденный тянуться за высоко растущими листьями, постепенно приобретает длинную шею. По Ламарку, виды появляются, чтобы выжить. По Дарвину, виды возникают по случаю, а окружающая среда определяет, выживут они или нет. Различие может показаться незначительным, но оно существенно.

**Новый вид образуется не потому, что исчерпаны возможности выживания, а в силу случайного изменения одного из признаков.**



Дарвин сместил акцент с непрерывной изменчивости видов на факт вариации признаков и последующий «естественный отбор». Дарвин, по существу, представил эволюцию как алгоритм из трех повторяющихся блоков: комбинация и рекомбинация производителей (1), вариация наследственных качеств (2) и естественного отбора потомства (3). Механизм вариации наследственных качеств (появление случайных мутаций) Дарвин не объяснял. Все внимание Дарвина обращено на жесточайшую борьбу за выживание: ее Дарвин возводил в ранг основополагающих принципов. Саму жизнь Дарвин выводил из смерти: жизнь живет за счет другой жизни.

*«Любое органическое существо численно возрастает естественным путем с такой большой скоростью, что, не подвергаясь оно истреблению, потомство одной пары вскоре заполнило бы всю Землю. Борьба за существование неизбежно вытекает из высокой скорости, с которой органические существа стремятся увеличить свою численность... Принцип сохранения и выживания наиболее приспособленного я назвал естественным отбором».*



Кто лучше приспособлен — естественным образом скорее выживает в потомстве, а кто хуже — естественным образом «сходит со сцены». По умолчанию дело представляется так, словно существуют критерии оптимальной приспособленности вида к среде обитания. Критерии приспособленности, подобно

«невидимой руке» Адама Смита, прилаживают виды к окружающей среде, но сами критерии никому не известны, и даже нет оснований считать их неизменными. Чем плохо был приспособлен саблезубый тигр, почему вымер — ученым неясно. И чем хорошо приспособлен павлин с его огромным хвостом? Никто не знает. Критерии приспособляемости никому не известны.

В процессе приспособления не только нет предела совершенству, но нет и самого совершенства. Нет никакой уверенности в том, что выживают самые приспособленные, разве что в том смысле, что выживание уже доказывает приспособленность. Но самое главное, что отдельные биологические виды не только приспособляются к своему окружению, но стараются повернуть — и порой поворачивают — ход событий в свою пользу.

**☞ Биологический вид приспособляется к изменчивой окружающей среде, которую и сам отчасти приспособляет к себе.**

Дарвину было известно, что разнообразие видов не истощает ресурсы, но способствует их эффективному использованию и даже регенерации. Чем больше видов обитает на одном участке земли, тем эффективнее используется эта земля. Ряд недавних экспериментов подтвердил его гипотезу. Например, проведенное в 1984 году обследование 147 участков прерий в штате Миннесота показало: чем больше численность организмов на участке, тем больше биомассы производит этот участок и тем больше азота производит почва. При малом количестве организмов азот улетучивается из почвы и пропадает напрасно.

Дарвин вплотную приблизился к эффекту обратного влияния, но не сделал решающий вывод: приспособлению вида к окружающей среде сопутствует приспособление окружающей среды к виду. Этот вывод отменяет линейную логику естественного отбора в борьбе за выживание. Эволюция есть следствие особого рода петли обратного влияния между видом и средой его обитания. Среда обитания влияет на организм через механизм наследственности. Механизм этого влияния Дарвин не мог понять. В «Происхождении видов» он признался:

*«Законы, управляющие наследственностью, нам точно неизвестны».*



В период с 1856 по 1863 год, когда публиковалось «Происхождение видов», монах из Австро-Венгерской империи Грегор Иоганн Мендель проводил эксперименты по скрещиванию сортов гороха и других растений с характерными чертами. Мендель обнаружил, что качества гороха не смешиваются. При скрещивании высоких растений с карликовыми рождаются растения не среднего, но высокого роста; в результате скрещивания желтого гороха с зеленым появляются не желто-зеленые, а скорее желтые горошины. Когда же он перешел к перекрестному скрещиванию гибридов, полученных от скрещивания высоких растений с карликовыми, то, хотя все гибриды были высокими, четвертая часть потомства оказалась карликовой. Мендель предположил, что сами альтернативные признаки — рост, форма или цвет — наследуются напрямую и явно наугад. Мендель сформулировал закон сегрегации. Наследственные признаки передаются от каждого из родителей напрямую и в равной степени. Они не смешиваются и существуют по отдельности. Каждый признак генерируется двумя командами, причем доминантный признак определяет внешний вид, а рецессивный признак как бы спит, но способен проявляться в последующих поколениях. Кроме того, Мендель сформулировал закон независимого расщепления. При скрещивании передаются только индивидуальные признаки, а не полный комплекс характеристик. Наследование «факторов» происходит по воле случая, причем доминантные «факторы» имеют не больше шансов на победу в последующем поколении, чем рецессивные.

**В процессе эволюции часто аутсайдеры вдруг становятся лидерами и начинают захватывать место в биосфере.**



При жизни Менделя никто не воспринял его работы всерьез. Незадолго до смерти, когда он сменил скрещивание гороха на менее приятные обязанности аббата своего монастыря, наука открыла хромосомы, хотя поначалу никто не знал, зачем они нужны. Значение открытий Менделя стало окончательно очевидным лишь в XX веке. «Факторы» Менделя переименовали

в гены, и ученые осознали, что каждая пара хромосом в клетке несет в себе большое количество генетических данных.

Между 1907 и 1915 годами американский биолог Томас Хант Морган, занимавшийся разведением плодовых мушек дрозофил, с удивлением заметил, что у одной глаза были белыми в отличие от обычных красных. Еще более удивительным оказалось то, что белые глаза передались по наследству. Не в следующем поколении, а через поколение у одной трети дрозофил, причем только у самцов глаза оказались белыми, в точности как предсказывали законы Менделя. В 1915 году Морган написал работу «Механизмы наследственности Менделя», в которой доказал, что гены — это реальные физические единицы, располагающиеся вдоль хромосом, и что наследуются именно индивидуальные гены. Кроме того, Морган в совершенно новом свете представил механизм мутаций: мелкие вариации внедряются в популяцию как аллели — альтернативные характеристики, — а внешняя среда оказывает избирательное давление на их адаптивность.

Суммируя сказанное, сформулируем основные положения теории эволюции на основе естественного отбора:

- Модификация возникает из единообразия. От одного первоначального вида происходят все остальные. Новые виды формируются на основе существующих. Этот принцип универсален: в сфере познания каждая новая ветвь порождает одну или несколько новых ветвей; в экономике то же самое происходит, когда одна фирма образует дочерние компании.

**ВАРИАЦИЯ — ДВИГАТЕЛЬ РАЗВИТИЯ.**

- Модификации становятся единообразиями, из которых возникают дальнейшие модификации. Каждая модификация становится новым единообразием, способным впоследствии породить новые модификации. Этот повтор ведет к увеличению сложности и появлению многообразия.

**МНОГООБРАЗИЕ ЕСТЬ РЕЗУЛЬТАТ ПОВТОРЕНИЯ ПРОСТОЙ ОПЕРАЦИИ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ.**

- Развитие зависит от соразвития. Дарвин ясно представлял себе природную паутину взаимозависимых видов. Сегодняшняя глобальная экономика демонстрирует ту же модель совместного развития и сложнейшие взаимосвязи.

**ЧЕМ БОЛЬШЕ РАЗНООБРАЗИЯ, ТЕМ ЭФФЕКТИВНЕЕ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ РЕСУРСЫ.**

Из этих положений вытекают практические правила:

- В природе, идеях и экономике производится так много всего, что выжить может лишь малая часть. Неудача — это нормальное явление. Она подразумевает, что надеяться на успех могут только организмы, производящие большое потомство и множество новых вариаций.

- Выживание или гибель отдельных видов и индивидов определяется условиями жизни. Любой набор персональных качеств хорош, но не при любых обстоятельствах.

- Процесс естественного отбора во многом зависит от удачи, случайности и капризов судьбы.

- Изменения окружающей среды оказываются благоприятны для некоторых новых мутаций.

**НОВЫЕ ФОРМЫ ЖИЗНИ ВОЗНИКАЮТ ВНЕ ВСЯКОЙ ОПТИМАЛЬНОСТИ.**

Обратите внимание, что индустриальное общество возникло не путем эволюционной трансформации земельных хозяйств в мануфактуры, но напротив, совершенно от них независимо, альтернативно, только благодаря способности к выживанию. Сегодня новые формы производящих и коммерческих организаций возникают рядом с предприятиями индустриального общества, но не путем преобразования последних. Новые структуры появляются сами по себе. Они обладают достаточной пластичностью, чтобы противостоять высокой степени риска. Мягкость и гибкость таких структур позволяет обеспечить скорость обратной связи на порядок выше, чем у предприятий индустриального типа. Новый вид начинает осваивать ресурсы, которые предприятия индустриальной формации даже не замечают. Это ресурсы намерений и ожиданий.

В хаосе взаимодействий и отношений по случаю возникают устойчивые петли обратного влияния. Эти петли проявляют себя в структуре реальности. Эти структуры имеют чисто символическую природу. Их невозможно ни видеть, ни слышать, ни осязать, но их можно осознать.

## СИМВОЛ И СОЗНАНИЕ

*Символическая структура есть факт реальности.  
Фиксация этого факта есть признак сознания.*

Виктор де Касто

Мераб Мамардашвили и Александр Пятигорский в книге «Символ и сознание» вводят «сферу сознания», как понятие, которое замещает «картезианского человека»:



*«Классическая философия оперировала посылкой допущения субъекта как некоторого универсального Божественного модуля наблюдения в рамках какой-то рефлексивной процедуры. Сфера сознания вбирает в себя часть свойств наблюдения, которые приписывались наблюдающему субъекту как Божественному модулю, и часть свойств, которые приписывались объекту наблюдения, но без того, чтобы приписывать этому модулю какие-либо свойства рефлексии».*

На самом деле существует непрерывная связь между обозначаемым и обозначающим, когда невозможно отделить одно от другого. В сфере сознания обозначаемое, обозначающее и сам процесс обозначения наличествуют, но не улавливаются как отдельные во времени и пространстве.

Сознание — мистическая субстанция. И все-таки оно неотделимо от психофизиологического материала. Наш мозг — серый кусок мягкой материи, который весит около трех фунтов, содержит более 100 миллиардов нейронов. Каждый нейрон связан синапсами с тысячами других нейронов. Синапсы позволяют нейронам вступать в связи многочисленными способами. Благодаря особым нейронам, расположенным в шесть слоев, мы видим, ощущаем прикосновения, слышим, испытываем чувство равновесия, совершаем движения, даем эмоциональные ответы. Аксон, нервное волокно, проводит и передает электрохимические сигналы из ядра нейрона, сомы, к другим нейронам. Дендрит — это древовидно разветвляющиеся отростки нервной клетки, они подобны пальцам, которые вытягиваются для получения сигналов от других нейронов через синапсы.

Синапсы — это проводники для химических сигналов между нейронами, и они ускоряют такие функции, как восприятие, память, эмоции и мышление. Но синапсы скорее напоминают провода или скоростные шоссе. Синапсы соединяют нейроны, чтобы те играли как команда. Они хранят информацию, закодированную нашими генами, и хранят информацию, закодированную нашим опытом. Наш опыт стимулирует новые синапсы на подсоединение большего количества нейронов, точно так же, как наши мускулы растут от физических упражнений. Поскольку наши гены и наш опыт — это совместные творцы наших синапсов, то мы в некоторой степени являемся продуктом наших генов и нашего опыта. Формируются новые синапсы, а неиспользуемые синапсы постоянно сокращаются.

Мозжечок координирует физическую и умственную деятельность. Он реагирует на опыт, как, например, обучение. Развитие нейронов идет на протяжении жизни, как и подобных ветвям дерева дендритов, и аксонов. Это называется нейропластичностью.

Химические сигналы трансформируются в электрические сигналы и наоборот — подобно тому, что происходит в аккумуляторах сотовых телефонов — по мере движения от одного нейрона к другому. Наконец, клетки глии обеспечивают энергией мозг и избавляются от отходов, произведенных мозгом. Клетки глии влияют на интеллект. В мозгу Эйнштейна процентное содержание клеток глии по отношению к нейронам в два раза превышало обычное. В мозгах *Homo sapiens* гораздо больше синапсов, чем в мозгах крупных человекообразных обезьян. Большее количество синапсов между нейронами подразумевает больше командной работы, больше памяти и больше творчества.

Мозг может не только восстановить из ощущений объект, но также создавать, синтезировать новые объекты. Мозг может из ничего придумывать новые слова, концепции, гаджеты или миры. Этот процесс создания все еще представляет собой загадку. Но первые шаги в ее разрешении уже сделаны. Появление функциональной магнитно-резонансной томографии и позитронно-эмиссионной томографии дало нам новые инструменты для исследования нервной платформы языка. Зона Брока, расположенная в лобной доле головного мозга, и область Вернике в задней части височной доли головного мозга играют

важную роль в обработке языка и памяти. Зона Брока активизируется, когда мы слышим, как другие говорят, а у глухих — когда другие люди говорят или делают жесты. Мы примерно знаем, как формируется память и где в мозге живет язык. В целом используя особые участки коры головного мозга, мозг разбирает язык на части и обрабатывает его в различных секторах точно так же, как видеосистема разбивает визуальный образ на цвета, контуры и движения, точно так же, как наши телевизоры принимают сигналы электромагнитных волн и трансформируют их в формы и цвета.

Память — поразительная способность мозга. Гиппокамп, центр памяти в мозге, интегрирует группы нейронов. Молекулы в нейроне удерживают память бит за битом в бинарном коде. Группы нейронов связывают эти биты вместе, чтобы закодировать опыт. Каждая группа помнит какой-то аспект опыта. Например, изначально такие случаи, как автокатастрофа и взрыв бомбы, закодированы как пугающие события. Но затем особые группы определяют два события: автокатастрофа — это удар и остановка движения, а взрыв бомбы — это большой шум и огненный шар. В начале 1970-х годов нейрофизиолог Карл Прибрам предположил, что память в мозге распределяется наподобие голограммы:



*«Целостный образ в мозгу формируется так же, как образ в фасетчатом глазе насекомых, состоящем из сотни маленьких линз вместо одной большой. В момент восприятия из отдельных фрагментов складывается цельная картинка».*

Нейроны, синапсы, дендриты, аксоны и клетки глии — это своего рода элементы оборудования наподобие того, из которого состоит вычислительная машина — hardware. Вместо реле мозг содержит нейроны. Эти клетки находятся в одном из двух состояний в любой момент времени: активны (сигнал) или в покое (отдых). Они соединены друг с другом в точках контакта, известных как синапсы. Они передают сообщения. Для хранения сообщений у мозга есть память. Все напоминает вычислительную машину. И мозг, и вычислительная машина для выполнения логической работы используют энергию, которая вся тратится и рассеивается в виде тепла.

Английский психиатр и специалист по кибернетике Уильям Росс Эшби, впервые применивший термин «самоорганизующаяся система» (1947), писал:

*«Мозг, состоящий из случайно соединенных синапсов, придет в необходимый вид упорядоченности в результате полученного опыта».*



Дуглас Хофштадтер, на тот момент колумнист журнала «Scientific American», указывал на то, что программы, имеющие «странный цикл», несут в себе черты сознания. В «странном цикле» вещи включены в другие таким образом, что внутренняя является тем же, что и внешняя. Он описывал «виртуального» человека,

*«пытающегося предсказать собственное поведение, глядя на самого себя, пытающегося предсказать собственное поведение, глядя на самого себя, пытающегося предсказать собственное поведение...»*



Очевидно, что для формирования алгоритмов обратного поведения должны существовать особые конфигурации нейронов, способствующие формированию рефлексов.

**Таким образом, все три момента — нейроны, сигналы и их конфигурация образуют одно единое целое — сознание.**



Сознание — это процесс психической переработки любой, попавшей в сферу сознания информации. В этом смысле сознание есть своего рода вычислительная машина, которая непрерывно извлекает информацию из любого материала, в том числе и из отраженных структур сознания в самом сознании. Эта работа с отражениями ведет за пределы психофизиологического материала. Когда в сознании происходит фиксация своего сознательного состояния, сознание изменяется. Оно переходит на новый уровень. Прежнее сознательное «я» уже не «я», и так до бесконечности.

В этом суть современного понимания сознания. Сознание дуально. Оно одним концом уходит в психофизиологическое антропоним — основание, а другим — в сферу символов.

Символ, в свою очередь, есть такая вещь, которая неотделима от акта сознания:



*«Символ — это такая вещь, которая одним своим концом „выступает“ в мире вещей, а другим „утопает“ в действительности сознания».*

Сознание, в свою очередь, также имеет двойственную природу. С одной стороны, сознание погружено в психофизиологический материал, а с другой стороны, оно пребывает в символической структуре. Это фактически означает рекурсивные отношения между физическим, символическим и сознательным (Си → Φ ∨ Со; Со → Φ ∨ Си, где ∨ читается «и/или»). Таким образом, дуализм физического и символического, дуализм знака и обозначаемого есть что-то объективно фактическое, что еще ждет своего понимания.

Среди символических вещей и явлений выделяются универсальные для всех времен и культур архетипы. Само понятие архетипов Карл Юнг, создатель аналитической психологии, ввел на том основании, что наша психика в процессе эволюции наследует некую «структуру психики», которая заставляет нас переживать наш «жизненный опыт» вполне определенным образом. Структура нашего психического восприятия, развивавшаяся сотни тысяч лет, так часто сталкивалась со структурой реальности, что их и различить почти невозможно.



**Символы закрепляются в ходе непрерывных столкновений с физической реальностью. Символическое и физическое нельзя больше по-настоящему абстрагировать друг от друга.**

Дэвид Уотсон писал (1930):



*«Мысли взаимодействуют с вероятностями событий и в конечном итоге с энтропией».*

Некоторые факты, явления, впечатления сигнализируют об их узловом положении в структуре реальности. В процессе

рефлексий они закрепляются в сознании, как узловые точки структуры сознания. Эти точки стоят

*«как бы на линиях, которые пронизывают любые эпохи, любые человеческие структуры — культурные, социальные, личностные».*



Возьмем такой пример, как «потоп». Это прежде всего событие — разлив реки или морское наводнение. Но «потоп» в сфере сознания есть символическое событие. «Потоп» отражен в разных мифологиях совершенно по-разному, в разных словах и в разных контекстах. Но это одно и то же символическое событие. Оно находится в одной точке и на одной линии структуры окружающей нас реальности.

Вещь становится символом, а факт становится мифом, когда они оказываются на пересечении магистральных потоков реальности в тот момент, когда они становятся узловыми точками структуры сознания. В мифах и символах, таким образом, зафиксирована вся наблюдаемая Вселенная.

В этом ракурсе гипотеза Платона об идеях, которые предшествуют вещам, обретает новый смысл. У Платона не идеи являются обозначением предметов, а предметы служат обозначением идей. И этому есть рациональное обоснование.

*«У Платона идеи есть символы сознания».*



Символическая идея есть своего рода узловая точка в структуре сознания. Идея истинна, если эта узловая точка сознания соответствует узловой точке в структуре реальности. Когда сознание начинает обрабатывать такую идею, то обнаруживается, что осознанная идея (обозначающее) ничем не отличается от своего реального двойника (обозначаемого). Сознанию приходится ранжировать два одинаковых символа, и оно, естественно, отдает приоритет внешнему источнику символа, полагая его первичным.

Структура реальности есть какая-то сложная пространственная конфигурация, которая нам неизвестна. Структура сознания стремится соответствовать этой пространственной конфигурации. Топология непрерывного четырехмерного пространства-времени не совпадает со структурой сознания:



*«Структуры сознания дискретны в пространстве и недискретны во времени».*

Вопрос о структуре реальности остается в центре современного естествознания. И прежде всего встает вопрос о размерности окружающего нас мира. В теориях струн и супергравитации рассматривается многомерное гиперпространство. Мы не можем вообразить четвертое пространственное измерение. И это, вероятно, следствие эволюции. Выживали те люди, которые лучше представляли себе изгибы и повороты в трех измерениях. Развитие четвертого измерения не имело стимулов естественного отбора:



*«Львы и тигры не бросаются на нас через четвертое измерение».*

Естественный отбор сыграл свою обычную шутку. Он идеально приспособил нас к выживанию в пределах нашей естественной ниши обитания и одновременно поместил нас в клетку нашей среды обитания. Наше сознание трехмерно, и оно не способно отразить или вообразить пространства высших измерений. Посредством логических вычислений мы можем манипулировать многомерными объектами и выводить на экраны наших мониторов их двухмерные тени. Платон, быть может, первым обратил на это внимание, сравнив людей с обитателями пещеры, обреченными видеть только тени многомерного мира за пределами пещеры. Единственным методом познания гиперпространств является умопостижение.

Структура сознания проявляет себя через структуру языка. Лингвисты давно заметили, что словесное изложение имеет дело с какими-то сложными словесными и стилистическими конструкциями. Эти конструкции исследовал американский лингвист Наом Хомский. Он обнаружил: трехлетний малыш может поправить грамматику взрослых, но никогда не будет спорить по поводу фактов. Хомский выдвинул предположение о возможности существования врожденной «универсальной грамматики». Эта врожденная универсальная грамматика достаточно фундаментальна, чтобы охватывать все языки народов мира.

**Универсальная грамматика состоит из трех элементов: именная составляющая языка, глагольная составляющая языка и грамматические правила — то, как образуются в языке предложения.**



С помощью конечного набора грамматических правил и понятий люди могут создать неограниченное количество предложений, в том числе создавать предложения, никем ранее не высказанные. Способность таким образом структурировать наши выражения является врожденной частью генетической программы людей. Именно так, никак не иначе. Человек разумный, *Homo sapiens*, радикально отличается от любого другого вида тем, что он обладает уникальной способностью осознанного восприятия реальности. Эта способность не появилась как результат постепенной эволюции, но возникла внезапно.

Центральный эпизод творения Микеланджело в Сикстинской капелле — Сотворение Человека. Это одно из редких произведений, которые абсолютно доступны для понимания. Смысл происходящего ясен с первого взгляда. Адам с телом несравненной красоты лежит на земле в позе земных богов и божеств вина античного мира, которые всегда были тесно связаны с землей и не помышляли ее покинуть. Он вытягивает руку так, что почти касается руки Господа. Создается впечатление, что между их пальцами проходит электрический заряд наподобие молнии. Этот эффект как будто преднамеренно усиливают трещины на фреске. Божественный акт творения человека завершается наделением Адама душой. Душа не произрастает из тела, как яблоко из яблони. Она возникает как новое, «внезапное» качество, и ее появление знаменует Символ — Дух Святой. Сам Бог существует в мире как символ. Сознание есть способность различать и создавать символы.

**Сознание есть шестое чувство, благодаря которому мы обнаруживаем символическую сторону реальности.**



Первыми манифестациями осознанного поведения *Homo sapiens* стали наскальные рисунки и зарубки на костях.

Способность к восприятию символической реальности человек обнаружил примерно 35 000 лет тому назад. Каждая линия в изображении мамонта, бизона или лани на стенах пещер есть символ — знак, встроенный в композицию знаков. Каждая насечка на лучевой кости молодого волка означала число — символ в чистом виде. Профессор Буровский в книге «Разум и цивилизация» пишет:



*«Эволюционная история известного нам человечества насчитывает 3 или 4 миллиона лет, идет через историю нескольких биологических видов и полна неясностей. Считается, что все мы потомки австралопитеков, таких смышленных обезьян, которые вышли в савану, стали „полуденными хищниками“ и начали изготавливать каменные орудия... Если верить исследованиям Луки, то первый костер горел в Олдувайском ущелье 1,75 миллиона лет тому назад. Возраст самых древних каменных орудий датируется периодом 2 или 2,5 миллиона лет».*

В течение двух миллионов лет изготавливались одни и те же орудия почти без каких-либо изменений. В этот период времени человек не многим отличался от других приматов. Шимпанзе, например, используют острые камни и вполне эффективно овладевают техникой скалывания. В период 200–35 тысяч лет назад самой биологически продвинутой группой людей были «европейские» неандертальцы. Но на исходе ледникового периода появились первые сапиенсы. Их мозг был меньше, чем мозг неандертальца, но их популяция быстро росла. 35 тысяч лет тому назад население «Европы сапиенсов» составляло от 1 до 5 миллионов человек. Общее число одновременно живущих неандертальцев не превышало 10—20 тысяч. При всей приблизительности цифр население сапиенсов в десятки, если не в сотни раз превышало население неандертальцев. Скрещивание двух форм человека произошло на поздней стадии Ледникового периода. Примерно в это же время появились первые наскальные рисунки. Можно допустить, что примерно 35 тысяч лет тому назад произошли такие изменения человеческого мозга, результатом которых стало появление сознания. Эти из-

менения связаны не столько с объемом мозга, сколько с конфигурацией ассоциативных нейронов, степенью ветвистости дендритов и насыщенности синапсов.

**35 000 лет назад мозг внезапно и, возможно, случайно приобрел конфигурацию, способную резонировать со структурой реальности.**



Органы чувств обладают способностью обнаруживать те или иные сигналы. Они функционируют каждый сам по себе. Как нос коллежского асессора Ковалёва, ведущего совершенно самостоятельно свои дела в имперском Санкт-Петербурге. Каждый орган чувств состоит из рецепторов и преобразователей сигналов. Обработанный ими сигнал поступает в мозг. Мозг живого организма синхронизирует и координирует сигналы. Мозг есть в высшей степени реактивная вычислительная матрица. В ней формируются петли обратного влияния, которые порождают и поддерживают рефлексy. В ходе эволюции протокол взаимного влияния сигналов в структуре мозга изменялся, изменялась и конфигурация нейронов. В силу стечения обстоятельств однажды мозг приобрел «осознанность» — способность различать и выявлять символы.

**Мозг, став органом чувственного восприятия символической реальности, порождает «внезапное» новое качество: разум.**



Человек разумный тем отличается от животного, что он обладает шестым чувством — сознательным восприятием символов. Символ — это такой же факт реальности, как звук или запах. Мозг воспринимает символы, как ухо — звуки, а нос — запахи. Символ активизирует сознание так же, как звук активизирует слух, цвет активизирует зрение, прикосновение активизирует осязание, а запах активизирует обоняние.

**Осознанный символ — это информационный сигнал, и он имеет информационную плотность.**



Когда символические факты внешней реальности совпадают с узловыми точками структуры сознания, происходят яркие и эмоциональные всплески внутреннего озарения, или понимания. Интеллектуалы — это особого типа наркоманы. Они получают чувственное наслаждение от озарений, сопутствующих пониманию новой идеи или новой мысли. Вот как описывает это состояние ведущий физик по квантовой гравитации Карло Ровелли (Carlo Rovelli):



*«Как-то на каникулах в Калабрии, изучая книгу по общей теории относительности Эйнштейна, я часто отрывался от страницы и смотрел на морские волны. И мне казалось, что и в самом деле я вижу искривления пространства и времени, которые описывал Эйнштейн. По волшебству, словно кто-то нашептал скрытую тайну, внезапно открылся простой глубинный порядок реальности. Каждый раз, когда спадает очередная завеса, возникает ощущение внутреннего эмоционального опыта».*

Такое чувственное восприятие означает, что символические объекты существуют в природе как объективная реальность — вне сознания.



**Сознание есть своего рода «шестое чувство», которое позволяет обнаружить и почувствовать символическую сторону реальности, но никак не создать ее.**

Такое представление ставит символ в один ряд с восприятием вещи и действия. Тот факт, что вещь может превратиться в действие, а действие — в вещь, позволяет считать, что символ может превращаться в вещь или действия, и наоборот.



## **ГЛАВА IV.**

### **СИМВОЛ КАК ВЕЩЬ: МАТЕРИАЛИЗАЦИЯ СИМВОЛА**

- **Сигнальный знак**
- **Информация как сообщение**
- **Бит — информационный символ**
- **Вычислительные машины**
- **Цифровая революция**
- **Квантовый бит**
- **Квантовая теория информации**
- **Стивен Хокинг: искусственный интеллект уничтожит человек**



## СИГНАЛЬНЫЙ ЗНАК

В пиктограммах на стенах пещер, на могильных надгробиях, в лепнине на порталах зданий, на картинах, в книгах, на перфокартах, на планшетах — везде — информационные сообщения. Первые информационные сообщения представляли собой набор знаковых символов — символов, выраженных знаками. Кроме знаковых символов, по преимуществу использующих вещественные носители, мы можем выделить символические знаки, по преимуществу использующие акт действия. Например, знаки внимания. Символические знаки — это жесты и ритуалы, и еще сигнальные знаки.

Сигнальные огни использовали с давних времен. Уже во время Троянской войны в XII веке до н. э., по свидетельствам Гомера, Вергилия и Эсхила, греки использовали сигнальные костры. Известие о падении Трои в тот же день достигло Микен, расположенных почти в семистах километрах от Трои. За это благодарили Гефеста, бога огня:

*«Гефест, пославший с Иды вестовой огонь. Огонь  
огню, костер костру известие передавал».*



Это было передачей сообщений с помощью бинарного кода, выбор из двух вариантов «что-то» и «ничего». Сигнал огнем в тот раз означал «Троя пала». Чтобы передать этот единственный бит информации, потребовалось проделать огромную работу по организации активных точек приема и передачи сигнальных огней от костров.

Преемником этого сигнального способа передачи сообщений стал оптический телеграф. Телеграф или Les Télégraphes изобрел гражданин Клод Шапп во Франции во времена

Революции (1793—1794). Гражданин Шапп искал столь же эффективную и быструю технологию для передачи информации, какой была гильотина для избавления от врагов революционного народа.

Гражданин Шапп использовал оптику. Оптический сигнал посылался между двумя башнями, находящимися на линии прямой видимости. Оператор в цепочке, глядя в телескоп, записывал каждый сигнал, воспроизводил его, поворачивая блоки и рычаги, убеждался, что сигнал правильно принят следующей станцией. Сигнальная цепь была высокочувствительна и уязвима — дождь, туман или рассеянность оператора могли исказить любое сообщение. Сообщения достигали пункта назначения, часто измененные до неузнаваемости, как в детской игре в «сломанный телефон». Шапп решил важную инженерную задачу. Он эффективно организовал первый оптический телеграф. Некоторые влиятельные законодатели из Национального собрания обратили на эти разработки гражданина Шаппа благосклонное внимание. Один из них, Жильбер Ромм, в 1793 году докладывал:



*«Гражданин Шапп предлагает гениальный метод передачи информации по воздуху, используя небольшое количество символов, просто сформированных из прямолинейных сегментов».*

Депутаты назначили Шаппу зарплату, дали государственную лошадь и официально объявили его «ingenieur telegraphe» — телеграфным инженером. Менее чем через год он ввел в эксплуатацию 18 телеграфных станций. В Париже стали получать первые телеграфные сообщения из Лилля о победах над пруссаками и австрийцами. Конвент бился в экстазе. Один депутат заявил, что существует четыре великих изобретения человечества: печать, порох, компас и «язык телеграфных сигналов». Он был прав, обратив внимание именно на язык.

Почтовые голуби и верховой посыльный уступали в скорости телеграфному сигналу. Но за все надо платить. Платой за скорость было экономное кодирование информации. Даже скорость передачи сообщения телеграфом измеряется числом символов, переданных в единицу времени. Скорость есть расстояние, деленное на время. Во время передачи сообщения

сигнал принимается и передается на каждой башне. И все-таки скорость передачи сообщения телеграфом значительно превосходит скорость доставки сообщения посыльным или почтовыми голубями. Однажды Шапп заявил, что сигнал может быть передан из Тулона в Париж через линию из 120 станций на расстоянии 475 миль за 10 или 12 минут!

Телеграфные станции быстро распространились по Европе. Николай I начал строительство первой телеграфной линии по проекту Ивана Петровича Кулибина еще в 1824 году. Вскоре российская линия телеграфа стала самой протяженной в Европе. Она протянулась от Варшавы до Санкт-Петербурга и до Москвы. Ее длина составляла 1200 километров. Было построено 149 промежуточных станций с высотой башни от 15 до 17 метров каждая. В системе использовались отражающие зеркала и светильники. Линию обслуживали 1908 человек. Передача 45 условных сигналов из Петербурга в Варшаву при ясной погоде занимала 22 минуты.

Полковник Талиаферо Шаффнер из Кентукки в 1859 году путешествовал по России. Его поразили высота телеграфных башен, их аккуратная покраска и цветочные украшения. Но к этому времени оптический телеграф уже устарел. В 1852 году была построена линия электрического телеграфа между Петербургом и Москвой, хотя линия оптического телеграфа Петербург — Варшава еще некоторое время продолжала действовать. В 1854 году российский оптический телеграф прекратил существование. Башни остались стоять на возвышенностях, уступая разрушительной силе времени. Электрические провода пересекали просторы империи.

Еще в 1838 году американец Сэмюэл Морзе посетил Францию и предложил ее правительству идею «электрического телеграфа». Ему наотрез отказали. Никто не мог вмешаться в идущий по воздуху телеграфный сигнал, а провод можно было перерезать. Морзе вернулся в Америку и в 1844 году запустил первую линию электрического телеграфа. В том же году первую линию электрического телеграфа построили Уильям Кук и Чарльз Уитстон в Англии (так называемый стрелочный телеграф: стрелка на приемнике указывала буквы алфавита, расположенные по окружности наподобие цифр в часах). Это был год перелома. Ключом к старту новой технологии стало открытие

Морзе. Тогда использование букв алфавита казалось настолько естественным, что не стоило упоминания. В конце концов telegraph означал «далекописание». Морзе понял, что знак можно создать на основе чего-то более простого, более фундаментального и менее осязаемого, чем буквы алфавита.

### **Озарение Морзе — открытие минимального события, замыкания и размыкания цепи.**

Азбука Морзе заменила старые знаки алфавита новыми. Это был алфавит следующей ступени абстракции.

### **Переход от символов одного уровня к символам другого уровня есть кодирование.**

Перенос смысла с одного символического уровня на другой сам по себе не был принципиально новым. Он использовался в математике. В некотором роде кодирование при помощи чисел есть суть математики. Просто теперь этот процесс получил массовое распространение. Идею Морзе технически организовал механик Альфред Вейл. Для точки передачи информации Вейл сконструировал то, что стало иконой пользовательского интерфейса, — «ключ». Ключ представлял собой простой пружинный рычаг, с помощью которого оператор мог управлять замыканием цепи прикосновением пальца. Таким образом, на одном конце цепи был «ключ», на другом — управляемый током электромагнит. Вейл придумал совместить одно с другим. Магнит мог управлять рычагом.



*Ключ Морзе-Вейля*

Такая комбинация была названа «реле» — от английского слова relay, означавшего свежую лошадь, заменявшую уставшую. В будущем реле позволит сигналу распространять самому себя. Но это было в будущем.

Лавинообразное развитие электрического телеграфа впечатлило многих. Информация, для доставки которой всего несколько лет назад требовались дни, теперь могла быть там где и когда угодно, за считанные секунды. Это было не удвоение и не утроение скорости передачи, это был скачок на много порядков. Это был прорыв дамбы. Роберт Фрост, четырежды лауреат Пулицеровской премии, высказался поэтично:

*«Слова бежали по проводам тихо, будто они —  
мысль».*



Две темы шли рука об руку: секретность и краткость. Короткие сообщения экономили деньги на передачу сообщения. Это ясно. Появился «телеграфический» стиль письма. Эндрю Уитнер писал:

*«Телеграфный стиль вытесняет все формы  
вежливости».*



Телеграф профессора Морзе служил не только носителем, но и посредником при передаче информации. Люди, заинтересованные в конфиденциальности, должны были отделять сообщение от смысла сообщения. В моду вошло секретное письмо. Великим популяризатором криптографии стал основоположник множества литературных жанров Эдгар Аллан По. Он описывал древнее искусство и хвастался собственными способностями. Шифры любили Жюль Верн и Оноре де Бальзак. Чарльз Бэббидж, изобретатель первой аналитической вычислительной машины, писал «Философию взлома шифров», но не сумел ее закончить. Клоду Шеннону нравилась сама идея кодов. Не столько секретных шифров, сколько кодов.

**Код есть алгоритм слов и символов другими  
словами и символами.**



На пике развития электрического телеграфа, повсеместно замещающего оптический телеграф, инженер-механик и вице-инспектор парижского телеграфа Шарль Бурсель изложил идею «электрического говорящего телефона» в своей диссертации в 1854 году. Он также впервые употребил слово «телефон» (др.-греч. τῆλε «далеко» и φωνή «голос», «звук»). Но до технической реализации он свою идею довести не смог. Телефон впервые появился в США в 1870-е годы учреждением экспериментальных линий Элайша Грея и Александра Белла. К началу XIX века телефонная промышленность обошла телеграф по всем показателям — количеству сообщений, длине проводов, вложенного капитала, — и эти показатели продолжали удваиваться каждые несколько лет. Понятно почему. Телефоном мог пользоваться каждый. Ни записей, ни кодов, ни ключей. К тому же голос живого человека передает не только слова, но и эмоции. Преимущества были очевидны, но не всем. Элайша Грей судился с Александром Грэйамом Беллом за право называться изобретателем телефона. Но в 1875 году он сказал своему патентному юристу:



*«Белл тратит всю свою энергию на говорящий телеграф. Это чрезвычайно интересно с научной точки зрения. Но у этой идеи нет коммерческого будущего».*

Телеграф требовал письменной речи, телефон пользовался устной. Там, где телеграф имел дело с фактами и цифрами, телефон прибегал к эмоциям. Компания Белла превратила это качество телефона в двигатель продаж. Ее основатели любили цитировать Плиния:



*«Живой голос гораздо сильнее волнует душу».*

То, на что телеграфу потребовались годы, телефон сделал за несколько месяцев. Сначала это была научная игрушка. На следующий год она стала самой удобной и самой быстрорастущей системой связи. В 1877 году Белл высказал идею, что телефоны не обязательно продавать парами. Каждый отдельный аппарат может быть соединен со многими другими.

Нужна только «центральная станция». Телеграфист Джордж Кой построил первый «коммутатор». И дело пошло. В январе 1878 года коммутатор Коя мог одновременно поддерживать два разговора между любыми двумя из двадцати одного клиента станции. Через год был изобретен телефонный номер. Появились телефонные книги. Они вскоре стали наиболее полными списками населения из когда-либо издававшихся. Благодетельную картину «передачи голоса по проводам» омрачали шипения и бульканья, свисты и крики, скрежетание и щелканье, обрывки чужих разговоров. Инженеры постепенно научились видеть весь этот шум на экранах своих осциллографов. Сам волновой сигнал обрел геометрическую форму, но совершенно растворил сигнальный знак.

Раньше, до момента появления телефонии, было известно, что основные единицы сообщения — точки и тире — дискретные сигналы.

### **Сигнальные знаки квантованы. Сигнал либо есть, либо его нет.**



Звуковые волны непрерывны и могут смешиваться по всему спектру. Это аналоговый сигнал. Где тут символы? Гарри Найквист, инженер Лаборатории Белла, один из пионеров теории информации, нашел ответ. Он предложил рассматривать непрерывную кривую как предел последовательности дискретных шагов. Кривую можно разбить на интервалы и присвоить каждому интервалу одно среднее значение. Гарри Найквист нашел способ преобразовать непрерывные волны в данные, которые были дискретными или цифровыми. Его коллега Ральф Хартли ввел понятие информации.

## ИНФОРМАЦИЯ КАК СООБЩЕНИЕ

В общеупотребимом значении термин «информация» довольно расплывчат. Это некоторый смысл, передаваемый в процессе коммуникаций речью, письмом, жестом, чем угодно. Ральф Хартли впервые ввел термин «информация» в 1927 году на конгрессе, посвященном столетию со дня смерти Александра Вольты. Это было подходящее место для того, чтобы ввести научное определение «информации». Хартли доказал знаменитую теорему:



*«Суммарное количество информации пропорционально используемой частоте передачи и времени передачи».*

По Хартли, техническая коммуникация осуществляется посредством символов. Хартли приводил для примера «слова» и «точки и тире». Символы по общему соглашению передают «значение». Для определения меры информации Хартли предложил подсчет символов безотносительно к тому, что они означали. Любое сообщение содержит конечное и счетное число символов. Каждый символ представляет собой результат выбора. Каждый выбран из определенного множества возможных символов. Количество информации пропорционально числу символов. Чем больше символов, тем больше информации несет каждый результат выбора. Вот уравнение, написанное Хартли:

$$H = n \log_2 s .$$

Здесь  $H$  — количество информации,  $n$  — число переданных символов,  $s$  — размер алфавита. В системе «точка-тире»  $s$  равно 2. В системе, где каждый символ — это слово и словарь состоит из 1000 слов,  $s$  было бы равно 1000. Эта логика предопределила открытие, которое сделали Алан Тьюринг и Клод Шеннон в середине XX века:



**Яблоки и апельсины в символическом плане эквивалентны, а если не эквивалентны, то взаимозаменяемы.**

Алан Тьюринг и Клод Шеннон занимались кодами. В начале 1943 года, в самый разгар войны, они ежедневно встречались в кафетерии Лаборатории Белла и ни слова не говорили о своей работе. Работа была засекречена. Оба занимались криптоанализом. Само присутствие Тьюринга в лаборатории было своего рода тайной. Он прибыл в Америку на «Королеве Елизавете», которая шла зигзагами, уходя от немецких подлодок. Лишь немногие знали, что совсем недавно в Англии, в Блетчли-парк, Тьюрингу удалось расшифровать «Энигму» — код, который использовался вермахтом для секретных сообщений. Шеннон работал над секретной радиотелефонной связью между Франклином Делано Рузвельтом и Уинстоном Черчиллем. Оба нашли способ описывать одно множество через другое.

В 1948 году Шеннон писал:

*«Основная задача связи состоит в том, чтобы в одном месте воспроизвести, точно или приблизительно, сообщение, отправленное из другой точки. Часто сообщение имеет некое значение».*



Продолжая линию Ральфа Хартли, Клод Шеннон прежде всего избавился от «смысла» сообщения:

*«Смысл сообщения обычно не имеет значения».*



Он пояснял:

*«Часто сообщения несут „значение“, то есть они ссылаются на некоторую систему определенных физических или концептуальных сущностей или связаны с ними. Эти семантические аспекты коммуникации несущественны для инженерной проблемы».*



**Сообщение — это структурированная последовательность символов.**



Но если информация лишена смысловой нагрузки, то что остается? И Шеннон дает несколько характеристик термина «информация»:

1. *«Информация тесно связана с неопределенностью».* Если возможно лишь одно сообщение, то неопределенности нет и, следовательно, нет информации.
2. *«Некоторые сообщения могут быть более вероятными, чем другие, и информация подразумевает неожиданность».*
3. *«Имеет существенное значение трудность передачи сообщения из одной точки в другую».* Информация неотделима от процесса передачи сообщения.
4. *«Информация есть энтропия».*

Шеннон утверждал:



*«Основной проблемой связи является проблема точного или приблизительного воспроизведения в одной точке сообщения, выбранного в другой точке».*

Сообщение есть результат процесса генерации событий с дискретными вероятностями. Когда эти вероятности равны, количество передаваемой информации описывает формула Хартли ( $H = -n \log s$ ). Для более реалистичного случая Шеннон привел элегантное решение проблемы измерения информации как функции вероятностей. Это фактически мера неожиданности:

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i,$$

где  $p_i$  есть вероятность каждого сообщения.

Для описания структуры сообщения Шеннон использует язык, разработанный физиками для стохастических процессов. Стохастическое событие не является ни детерминированным (следующее событие может быть точно подсчитано), ни случайным (следующее событие абсолютно независимо). Оно управляется набором вероятностей. Каждое событие имеет вероятность. Вероятность события зависит от состояния системы и от истории предыдущих состояний. Если теперь вместо слова «событие» мы поставим слово «символ», то получим трактовку «сообщения» как стохастического процесса появления символов в сообщении.

Шеннон начал изучать структуру сообщения, выявляя вероятность появления следующего символа в сообщении. Он исходил из того, что само сообщение может влиять на вероятность появления того или иного символа в последовательности символов. Если сообщение не влияет на появление символа, то каждый символ имеет собственную вероятность появления и не зависит от того, что было раньше. Это случай первого порядка. В случае второго порядка вероятность появления каждого символа зависит от символа, непосредственно ему предшествующего, и только. Тогда каждая двухбуквенная комбинация имеет собственную вероятность. В английском языке «*th*» имеет большую вероятность, чем «*xp*». Возможен порядок третьего, четвертого и более высоких уровней.

**Тут проявляет себя статистическая структура естественного языка.**



Согласно Шеннону язык имеет некоторую энтропию, величину, связанную с его избыточностью. Для Винера энтропия была мерой беспорядка, для Шеннона — мерой неопределенности. Когда человек уверенно угадывает следующую букву, она избыточна и не несет новой информации.

**Информация — это неожиданность.**



Сообщение ведет себя как стохастическая динамическая система, чье поведение обусловлено ее прошлым состоянием и будущими возможностями ее состояний. Поведение таких динамических систем проявляется в форме «динамического хаоса». Вероятность и неопределенность в таких системах играют решающую роль. Выбор и неопределенность проявляют себя как неотъемлемые качества информационной системы. Фон Фостер писал:

*«Информацию можно рассматривать как порядок, вычлненный из беспорядка».*



## БИТ — ИНФОРМАЦИОННЫЙ СИМВОЛ

Для математического описания информационной системы нужна была понятная единица измерения. И Шеннон нашел ее.



**Единица информации есть двоичный код или двоичная цифра (binary digit), короче, бит.**

Шеннон приводил стих из Матвея (5:37):



*«Но да будет слово ваше: да, да; нет, нет; а что сверх этого, то от лукавого».*

Винер писал:



*«Информация есть информация, не материя и не энергия».*

Бит, как наименьшее возможное количество информации, представляет собой количество неопределенности, возникающее при бросании монеты. В этом случае логарифм по основанию 2 от  $\frac{1}{2}$  есть  $-1$ . Таким образом,  $N = 1$  — один бит. Знак, выбранный из алфавита в 32 знака, несет больше информации, а именно 5 бит, поскольку логарифм от 32 по основанию 2 есть 5. Строка из 1000 таких знаков содержит 5000 бит информации. С 1000 знаками в 32-значном алфавите есть  $32^{1000}$  возможных сообщений. И логарифм этого числа равен 5000.

Теперь в символической сфере появилась мера. Последовательность символов начинает обретать «вес». Мы начинаем представлять сжатие данных, как сжатие газа. Джон Арчибальд Уилер, последний живой коллега и Эйнштейна, и Бора, высказывался в том смысле, что реальность вырастает из постановки «да/нет», а космос рассматривается как компьютер — вселенская машина для обработки информации. Он писал:

*«Завтра нам придется понимать и выражать всю физику на языке информации».*



Когда взаимодействуют фотоны, электроны и другие элементарные частицы, происходит обмен битами. Законы физики — суть алгоритмы обмена информацией. Каждая горящая звезда, каждая туманность, каждая элементарная частица есть информационный процессор. Вселенная вычисляет собственную судьбу. В 1998 году Уилер торжественно объявил:

*«It from bit».*



Он пояснил:

*«Другими словами, каждая сущность, каждая частица, каждое поле, даже сам пространственно-временной континуум... их функции, значение, само существование... произошли из битов».*



Физическая реальность бита проявила себя в феномене черных дыр. Сначала исследования черных дыр были сосредоточены на материи и энергии, проваливающихся в черные дыры. В 1974 году британский астрофизик Стивен Хокинг вычислил, что черные дыры медленно испаряются, излучая частицы у горизонта событий. Излучение Хокинга представляло собой термальное излучение — тепло. Оно не содержит битов информации. Получалось, что материя, поглощенная черной дырой, несла с собой биты, а материя, излучаемая черной дырой, не содержала биты. Пропавшая информация оставалась за горизонтом событий. Хокинг сказал:

*«Бог не только играет в кости, иногда Он бросает их туда, где их невозможно разглядеть».*



Этот расчет Хокинга нарушал принцип квантовой механики, согласно которому информация не может быть уничтожена. Поиск выхода из этого противоречия завершился тем, что

в 2007 году Стивен Хокинг объявил, что он нашел ошибку и исправил свои предсказания. Теперь он заявил:



*«Информация сохраняется и остается в нашей вселенной».*



**Информация — это нечто не просто реальное, но реальное настолько, что ничем не отличается от физической реальности.**

Сегодня даже биология стала наукой об информации, оперирующей инструкциями и кодами. Гены содержат информацию. Они же предоставляют способы ее считывания и передачи. Жизнь распространяется по законам сети. Само тело — это информационный процессор. Память находится не только в мозге, но и в каждой клетке. ДНК — информационная молекула, самый совершенный процессор обработки сообщений, находящийся на клеточном уровне. ДНК — это алфавит и код. Он содержит 6 миллиардов бит информации. Большая часть этой информации — мусор. Для создания человеческого существа, похоже, необходимо только 30% от 6 млрд. бит информации, т. е. 2 миллиарда бит информации. И только. Клетки организма — это узлы сложно переплетенной сети связи, передающие и получающие, кодирующие и расшифровывающие информационные сообщения.

Для Максвелла, Томсона, Гиббса и других в более простые времена все было так, словно информация находится за пределами материи и энергии, частиц и сил. Они не принимали во внимание материальную или энергетическую стоимость этой информации.



**Но информация — физическая величина.**

Беженец из нацистской Германии Рольф Ландауэр посвятил свою карьеру в IBM определению физических основ информации. Его последнее эссе называлось «Информация неизменно физична». Ландауэр настаивал на том, что бит не может существовать без какого-либо носителя, будь то зарубка на камне, отверстие в перфокарте или спин элемен-

тарной частицы. Вычисления требуют физических объектов и подчиняются законам физики.

В IBM Ландауэр стал наставником Беннета. Подтянутый служащий старого образца Рольф Ландауэр и «неряшливый хиппи» Чарльз Беннет составили эффективную команду в соответствии с принципом дополнительности Нильса Бора. Они пришли к выводу, что большинство логических операций не несут каких-либо энергетических затрат. Когда бит переключается с нуля на единицу, информация сохраняется. Процесс обратим. Энтропия не меняется. Никакого тепла рассеивать не нужно. Лишь необратимые операции увеличивают энтропию. Рассеяние тепла возникает только при уничтожении информации. Уничтожение есть необратимая логическая операция. Когда головка машины Тьюринга стирает содержимое ячейки или когда электронная вычислительная машина освобождает конденсатор, один бит теряется. Тогда необходимо рассеять тепло.

### **Забывание требует работы.**



Здесь мы вплотную подходим к идее термодинамики вычислений Чарльза Беннета. Математики склонны игнорировать затраты на процесс вычисления. Это как энергия мысли. Калории, может быть, и тратятся, но никто их не считает. Беннет утверждал:

*«Компьютеры можно рассматривать как машины, преобразующие свободную энергию в тепло и математическую работу».*



Для ответа на вопрос: «Каковы физические затраты на выполнение логической работы?» — Беннет проанализировал термодинамику идеального компьютера Тьюринга. Тьюринг доказал, что существуют невычислимые числа. И их большинство. В той мере, в которой каждое число может соответствовать закодированному утверждению математики и логики, часть утверждений оказывается неразрешимой. Невычислимые числа фактически являются неразрешимыми утверждениями. Тьюринг получил

доказательство, параллельное доказательству Гёделя. Любая формальная система должна иметь неразрешимые утверждения.

#### ☞ **Неполнота следует из невычислимости.**

Машина Тьюринга вычисляла вычислимые числа и не вычисляла невычислимые числа. Была еще одна возможность — та, которая интересовала Тьюринга больше остальных. Некоторые алгоритмы заставляли машину работать, никогда не повторяясь сколь угодно долго. Причем оператор не мог предсказать, остановиться ли когда-нибудь машина. Существуют «странные» ситуации, когда то, что вычисляют, может оказаться теснейшим образом переплетено с тем, что производит эти вычисления. Это созвучно принципу неопределенности Гейзенберга, согласно которому то, что измеряют, теснейшим образом связано с измеряющим. Это созвучно с эффектом самозаглатывания и с поведением «странных аттракторов».

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Абак и счеты — первые цифровые машины. Они оперируют целыми числами. Это цифровой уровень четкой логики. Вы либо считаете костяшку, либо нет. Следующий прорыв в технике вычислений связан с появлением аналогового счетного устройства — логарифмической линейки.

В XVII веке Джон Непер, восьмой лэрд замка Мерчистон в Шотландии, нашел способ заменить умножение сложением. Профессор геометрии лондонского Грешем-колледжа Генри Бригс был настолько изумлен открытием Непера, что совершил паломничество в Шотландию. Согласно его воспоминаниям первая встреча с Непером «началась с молчания в четверть часа, проведенного за тем, что каждый смотрел на другого почти с восхищением, прежде чем было сказано первое слово». Молчание нарушил Бригс:

*«Мой господин, я предпринял это длительное путешествие специально, чтобы увидеть вас и узнать, что побудило вас задуматься об этой замечательной помощи астрономии, а именно о логарифмах; но, мой господин, теперь, когда вы уже придумали их, я — когда известно, что это так просто, — изумлен, что никто другой не придумал их ранее».*



Бригс стал одним из первых пользователей и пропагандистов логарифмического счета. Вот как он представлял логарифм своим студентам:

*«Логарифм — это числа, придуманные для облегчения работы над задачами в арифметике и геометрии. Название происходит от Logos, что значит разум, и Arithmos, что значит числа. С их помощью устраняются сложности умножения и деления в арифметике, а выполняются только сложение вместо умножения и вычитание вместо деления».*



Сложить проще, чем перемножить. В современных терминах логарифм — это показатель степени. Логарифм 100 по основанию 10 равен 2, так как  $100 = 10^2$ . Логарифм 1 000 000 равен 6, так как миллион есть  $10^6$ . Чтобы перемножить два числа, нужно найти их логарифмы и сложить. Например:

$$100 \times 1\,000\,000 = 10^2 \times 10^6 = 10^{(2+6)} = 10^8 = 100\,000\,000.$$



**Фактически идея логарифма — идея полезного кода, которая переводит одни числа в другие.**

Выберите основание логарифма — 2, 10, 100 или любое другое число. Теперь любому числу можно поставить в соответствие другое число — степень, в которую нужно возвести основание, чтобы получить это число. То, что получилось, — таблица логарифмов.

Иоганн Кеплер, первооткрыватель законов движения планет Солнечной системы, воспользовался таблицами логарифмов для уточнения своих собственных звездных таблиц, основанных на данных, кропотливо собранных астрономом Тихо Браге. Кеплер в марте 1618 года писал своему другу Вильгельму Шиккарду, профессору университета Тюбингена, будущему изобретателю первого арифмометра (1623):



*«Шотландский барон (его имя я забыл) появился на сцене и совершил нечто прекрасное, преобразовав все умножения и деления в сложение и вычитание...»*

Воодушевленный изобретением Непера, он с благоговением посвящает тому свои «Эфемериды» (таблицы небесных координат Солнца, Луны и планет) на 1620 год, не зная, что Непера уже два года как нет в живых.

В 1627 году Кеплер издает так называемые «Рудольфинские таблицы» (названы по имени императора Священной Римской империи Рудольфа II, много лет финансировавшего работы Кеплера). Это были первые таблицы движения планет, составленные с помощью логарифмических вычислений и на основе

законов движения планет. Кеплер был первым, кто применил логарифмические вычисления в астрономии, и эти таблицы он смог завершить только благодаря новому средству.

Кеплеровы таблицы служили астрономам и морякам вплоть до начала XIX века. С этого времени и до появления вычислительных машин большая часть расчетов выполнялась с помощью логарифмов. Неппер и Бигс, Кеплер и Бэббидж — все они составляли таблицы и совершенствовали механизмы для обработки чисел.

Создатель первой механической вычислительной машины Чарльз Бэббидж родился в 1791 году на берегу Темзы в Уолфорте, графство Суррей. Он был сыном банкира, внуком и правнуком золотых дел мастеров. В Лондоне того времени век машин ощущался на каждом шагу. Толпы собирались на шоу механических кукол. В мастерской Джона Мерлина можно было увидеть пару скользящих и отдающих поклоны обнаженных серебряных танцовщиц, сделанных в одну пятую человеческого роста. Сам Мерлин, их пожилой создатель, которому также приписывают изобретение роликовых коньков, посвятил этим фигурам годы. Одна из фигур особенно впечатлила Чарльза. Позже он вспоминал:

*«Эта леди принимала совершенно удивительные позы. Ее глаза были полны жизни, они обескураживали».*



Когда Бэббиджу шел пятый десяток, он разыскал серебряную танцовщицу Мерлина на одном из аукционов, купил ее за 35 фунтов, установил ее в своем доме и одевал в изысканные наряды, сшитые для нее на заказ.

Бэббидж был очарован механикой, и он любил математику. Это было верной смесью интересов для создателя механической вычислительной машины. Его рано увлекала идея Лейбница о системе символов, свободных от влияния восприятия. Лейбниц был твердо убежден в том, что двусмысленность не могла быть заложена в природе вещей, а была результатом неудачного выбора знаков. Он даже декларировал, что находится на пороге открытия *«characteristica universalis»*, которая даст человечеству



*«новый инструмент, увеличивающий силу мысли гораздо эффективней, чем любой оптический инструмент когда-либо улучшал зрение».*

И хотя Лейбниц не открыл универсальный символический язык, Бэббидж верил в его возможность и даже представлял его рациональным, однозначным и, конечно, механистическим. Правильно выбранные символы должны быть универсальными, прозрачными и неизменными, утверждал Бэббидж.



### **Шестеренки должны цепляться друг за друга.**

Бэббидж изобрел мысленную машину — огромный блестящий двигатель из меди и сплава олова и свинца, — состоящую из тысячи дисков и роторов, зубцов и шестеренок, изготовленных с величайшей точностью. Всю свою жизнь Бэббидж совершенствовал эту машину, существовавшую главным образом в воображении.



### **Машина Бэббиджа стала мысленным порталом из материального мира в мир цифровых абстракций.**

Она не потребляла материального сырья. Числа на входе и числа на выходе ничего не весили. Но машина нуждалась в значительной силе, «чтобы повернуть шестерни». Производство чисел требовало сложной механики на пределе существующих технологий. Бэббидж однажды воскликнул:



*«Господи, как бы я хотел, чтобы все эти вычисления выполнялись паром!»*

Пар был движущей силой всех машин в XIX веке. Он заменял мускулатуру. Он стал паролем: деятельные люди теперь «добавляли пару», или «были под парами», или «пускали пар». Кипучей энергии хватило Бэббиджу, чтобы в 1823 году заинтересовать Министерство финансов проектом создания

вычислительной машины. Бэббидж обещал им «логарифмические таблицы дешевле чем картофель». Кто мог устоять? Лорды казначейства одобрили первое ассигнование на проект в сумме 1500 фунтов. Всего было истрачено 17 000 фунтов. Финансирование было прекращено в 1842 году. В большей степени завершение финансирования спровоцировал конфликт Бэббиджа с его инженером Клементом. После того как в 1832 году Бэббидж и Клемент сделали рабочую модель разностной машины, между ними пробежала кошка. Клемент требовал от Бэббиджа все больше денег. Он прятал части и чертежи машины. Он боролся за контроль над специализированными инструментами в мастерской. И это напряжение повлияло на решение Министерства финансов о прекращении финансирования.

Впрочем, к этому времени уже случилось главное событие. Бэббидж встретил графиню Лавлейс. Ада Лавлейс, дочь Байрона, родилась в 1815 году. Когда Августа Ада Байрон была еще подростком, ее мать Анна Изабелла Милбэнк (Аннабелла Байрон) организовала для нее уроки математики, надеясь, что логическое научное мышление сбалансирует эмоциональность, которую Ада могла унаследовать от своего отца. В 17 лет на одной из демонстраций «думающей машины» Ада Лавлейс встретила Чарльза Бэббиджа. Ее заинтересовал Бэббидж, и ее восхитила машина. Ада вскоре вышла замуж за многообещающего аристократа Уильяма Кинга, который был старше ее на десять лет и нравился ее матери. Через несколько лет он стал пэром как граф Лавлейс, а Ада, соответственно, графиней Лавлейс. Не достигнув еще и тридцати лет, она родила троих детей. Леди Лавлейс обожала мужа и математику. Она писала:

*«Знаете, я по природе немного философ и очень большая выдумщица».*



Проект Бэббиджа захватил ее воображение. Она, быть может, первой осознала значение и реальную силу алгоритма в процессах вычислений:

*«Я думаю о комбинации цифровых и геометрических форм, которую можно выразить языком символов».*



Ада Лавлейс первая осознала, что машина не просто считывала. Она выполняла «операции». Она придумала процесс, набор правил, последовательность операций. В новом веке это назовут алгоритмом. Само понятие операции Ада Лавлейс сформулировала так:



*«[Операция — это] любой процесс, изменяющий взаимное отношение двух или более вещей».*

Ада Лавлейс верила в то, что у нее божественное предназначение. Воображение — заветное качество, которое Ада унаследовала от отца. Как-то она написала:



*«Воображение проникает в невидимые миры вокруг нас... Это то, что чувствует и открывает сущее, не видимую нами реальность, которая существует не для наших чувств. Те, кто научился ходить по краю неизведанных миров... могут надеяться проникнуть в неизведанное на белых крыльях воображения, в котором мы живем».*

Каким-то мистическим образом Ада Лавлейс видела, что по сравнению с числами женские булавки — ерунда. Это довольно смелый взгляд в эпоху торжества мануфактур, производящих «булавки и гвозди». Это была эпоха идей Адама Смита, весь пафос которой ориентирован не на символы, а на процессы и операции. Адам Смит еще в 1776 году в работе «The Wealth of Nations» описал путь увеличения производительности физического труда и, следовательно, уменьшения цены промышленных товаров в разы, а не на проценты, которые могли быть достигнуты стимулированием и убеждением.

Адам Смит выделил ключевой принцип — «разделение труда». В качестве примера Адам Смит описал мануфактуру, производящую гвозди. При этом один рабочий вытягивает проволоку, другой ее выпрямляет, третий рубит, четвертый расплющивает шляпку (включает две операции) и т. д., всего восемнадцать стадий. Описанная Смитом мануфактура из десяти рабочих могла произвести сорок восемь тысяч



*Рисунок из газеты «Financial Times» от 18/19 октября 2014 года  
к статье «A glitch in time» (Steven Johnson)*

гвоздей в день. В то время каждый рабочий, работая отдельно от остальных, мог изготовить только двадцать с небольшим гвоздей в день.

Таким образом, разделение труда повышает производительность в сотни раз. Арифметика здесь искажена и деформирована: один плюс один равно трем. И такое согласованное разделение усилий происходит «по природе», естественно. Энтомологи поставили опыт на муравьях. Муравья посадили в ящик с песком. Муравей немедленно начал рыть ямку и насыпать холмик рядом с ней. К нему подсадили второго муравья. Они начали копать вдвоем. Ожидалось, что процесс

копания ускорится в два раза. Но нет, производительность их совместного труда выросла в три раза. Даже два муравья — уже не сами по себе, но образуют простейшую систему. А система — это уже не количественно, а качественно новое образование, она не равна простой сумме составляющих ее частей. Ада Лавлейс заметила, что «рычаги и шестеренки» механического калькулятора начинают формировать логические операции. Она писала:



*«Многие думают, что поскольку счетная машина дает результаты в численной форме, ее процессы сводятся к арифметическим операциям в большей степени, чем к алгебраическим или аналитическим действиям. Это ошибочно. Вычислительная машина может оперировать численными величинами так, словно они буквы или другие символы».*

И далее:



*«Уместно сказать, что вычислительная машина тклет алгебраические узоры точно так же, как ткацкий станок Жаккара — цветы и листья».*

Ада Лавлейс предвидела, что вычислительная машина может оперировать языком музыки, поэзии и живописи, и она заметила:



*«Духовное и материальное в математическом мире получили более тесные и эффективные связи».*

Вычислительная машина — это нечто большее, чем калькулятор. В XX веке это стало совершенно очевидным. Google, iTunes, Рихар обрабатывают электронную музыку, гипертексты и видеоряд. Но в XIX веке такое было трудно представить даже Бэббиджу. Его фантазии были не столь смелыми, но он сразу понял «системную» сторону его «механического калькулятора». И это подтолкнуло его вместе с супругами Лавлейс разработать и проверить «систему беспроигрышных ставок на бегах», рассчитывая таким путем добыть средства для продолжения работы над вычислительными машинами. «Система» не оправдала надежд. Проиграв до-

вольно внушительную сумму, Бэббидж и граф Лавлейс отказались от участия в совершенствовании «системы».

Но леди Лавлейс, азартная и упрямая, продолжала играть. Она оказалась сильно втянутой в эту рискованную игру, истратив на нее все свои личные средства, причем ее супруг и не подозревал об этом. Более того, леди Ада оказалась в руках группы мошенников, которые шантажировали ее чуть ли не до самой ее смерти. Она умерла, к сожалению, очень рано. Почти в том же возрасте, в котором ушел из жизни ее отец лорд Байрон. Ада уходила из жизни долгой и мучительной смертью от рака.

Ее муки почти не облегчали ни лауданум, ни каннабис. Родные и близкие скрывали от нее причину болезни. Ее последняя мечта была устремлена в некотором смысле в будущее:

*«Я бы хотела быть в некотором смысле диктатором».*



Жизнь Ады Лавлейс шла между строгой математикой и романтической поэзией. Это позволило ей вообразить возможность использования вычислительной машины для манипуляции символами. Даже Бэббидж не смог это помыслить. В своей первой и, к сожалению, единственной научной работе Ада Лавлейс рассмотрела большое число вопросов, актуальных и для современного программирования. Ключевой идеей была сущность, которую они с Бэббиджем назвали «переменной».

Работу Ады Лавлейс столетие спустя продолжил Алан Тьюринг. В 1950 году он опубликовал знаменитую статью «Может ли машина мыслить?». В разделе «Возражения леди Лавлейс» он детально разобрал научное наследие Ады Лавлейс. Программисты до сих пор используют термины, введенные леди Лавлейс. Например, «рабочие ячейки», «цикл» и некоторые другие.

Тьюринг стал отцом современного компьютера. Он создал идеальный мысленный компьютер — идею компьютера. Бэббидж создал идею мысленного калькулятора и много лет шел к его механической реализации. Саади Карно создал идеальный тепловой цикл и воображаемую идеальную тепловую машину, которая

со временем воплотилась в двигателе внутреннего сгорания. Столетие спустя Алан Тьюринг создал идеальный вычислительный процесс и воображаемую вычислительную машину.

### **Компьютер Тьюринга состоит из ленты, символов и конфигураций.**

Лента в машине Тьюринга выполняет ту же функцию, что и бумага в пишущей машинке. Впрочем, лента Тьюринга перемещается только в одном направлении, а не в двух, как лист в пишущей машинке. Лента разбита на квадраты — «ячейки». Лента считается бесконечной: всегда, если нужно, найдется еще место. В каждый момент внутри машины находится лишь один квадрат ленты.

Символы могут быть записаны на ленте по одному в каждой ячейке. Количество символов конечно, как в любом языке. Как и в языке, всегда можно вместо одного символа использовать последовательность символов. Тьюринг предложил абсолютно минимальный алфавит из двух символов — нуля и единицы. Символы могут быть записаны на ленту и считаны (отсканированы) с ленты. В каждый момент времени машина «знает» только об одном символе — о том, который находится в единственной ячейке внутри машины.

Конфигурации напоминали «состояния ума». Машина может находиться в нескольких конфигурациях. Их число ограничено. В любой конфигурации машина предпринимает одно или несколько действий, в зависимости от символа. Например, в конфигурации *A* машина может продвинуться вправо, если текущий символ «1», или влево, если текущий символ «0». В конфигурации *B* машина может стереть текущий символ и т. д. После каждого действия машина оказывается в новой конфигурации, которая может быть такой же или другой. Конфигурации — инструкции для машины — хранятся в памяти. И все. Тьюринг заключил:



*«Все, что можно вычислить, может вычислить эта машина».*

В 1940-х годах появились первые счетные электронные машины на основе цифровых переключателей — электронных

ламп и цифровых реле. Первую простую счетную электронную машину в 1941-м году создал немецкий ученый Конрад Цузе. Затем появились большие компьютеры, построенные в США и Великобритании.

В 1960-х годах электронные лампы заменили транзисторами — полупроводниковыми переключателями, которые были надежнее, меньше по размеру и потребляли меньше энергии. С этого времени компьютеры уменьшались в размерах примерно вдвое каждые восемнадцать месяцев благодаря развитию фотолитографии — технологии изготовления сложных интегральных схем. В 1965 году соучредитель компании «Интел» Гордон Мур предсказал, что мощность компьютера будет удваиваться каждые восемнадцать месяцев. И это предсказание подтвердилось настолько точно, что его стали называть «законом Мура».

**Каким-то мистическим образом новые технологии появлялись как раз вовремя, обеспечивая точное выполнение закона Мура.**



В настоящее время магистральная технология — это создание миниатюрных интегральных схем с помощью все более тонкого и точного лазерного ножа и использование арсенида галлия вместо кремниевых и силиконовых чипов. По мнению профессора Ал-Халили (Университет Суррея, Англия), мощность полупроводниковых компьютеров достигнет своего логического насыщения к 2020 году. К этому времени точность микросхем достигнет молекулярных размеров. Закон Мура сохранит свою силу только в том случае, если к этому времени будут открыты совершенно новые компьютерные технологии.

Сегодня толщина соединений в обычных схемах электронного компьютера составляет 1000 атомов. В обозримом будущем технология потребует локализовать бит информации в пределах атома вещества. И это полностью изменит вычислительную технику.

**Нас ждут перемены настолько радикальные, что к ним лучше заранее подготовить свое сознание.**



## ЦИФРОВАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Цифровая революция совершилась. Бит стал реальностью. Бит — это самая маленькая и неделимая единица информации. Сколь угодно большие массивы данных и любые операции с данными могут быть представлены записью или строкой, состоящей из битов. Бит может просто хранить информацию. Бит может быть элементом инструкции или команды по обработке и передаче информации. Функциональное значение бита зависит от контекста, в котором он используется.

Сам по себе отдельный бит не имеет никакой структуры. Он либо есть, либо его нет. И если он есть, то его размер не превышает фундаментальный квантовый размер Макса Планка:

$$1,616\ 252\ (81) \times 10^{-35} \text{ м.}$$

В первом приближении пространство представляет собой трехмерную решетку с планковским размером ячеек. В каждой ячейке может храниться бит информации. Бит либо есть в ячейке, либо его нет. В каждый момент времени содержимое ячейки пространства может изменяться. Бит либо появляется в ячейке пространства, либо покидает ее. Волны битов распространяются по решетке пространства, сопутствуя волнам света, а уплотнения битов сопутствуют скоплению вещества.

Один изолированный бит есть элементарный знак. Знак предназначен для хранения и передачи информации. Хранение, обработка и передача битов реализуется посредством битов. Биты соединяются битами. Биты образуют символические структуры. Став частью символической структуры, бит перестает быть знаком и становится символом.



**Элементарный символ стоит в одном ряду с элементарной частицей вещества и элементарным квантом действия.**

Все три ипостаси реальности (символ, вещество и действие) неотделимы друг от друга. Вещественное нельзя отделить от динамического. Вместе они представляют собой физическую

реальность. Символический обмен связывает физическую и символическую реальности.

**Под символической можно понимать любую воображаемую конструкцию, построенную на основе той или иной логики.**



Благодаря вычислительной технике мы начинаем понимать и воспринимать реальность символов. Современная техника все настойчивее погружает нас в мир программ и алгоритмов. Алгоритм нематериален. Алгоритм недвижим. В этом смысле его нельзя «ухватить пальцами».

**Алгоритм представляет собой набор знаков и символов, и он реален. Реальность алгоритма проявляется в эффектах, которые он производит.**



В 1989 году Джарон Ланир, один из известных деятелей киберкультуры и хакерского движения, ввел словосочетание «виртуальная реальность». Этот термин сразу стал популярным потому, что ассоциировался с уже существовавшим в физике понятием виртуальной частицы (переносчики взаимодействий) и благодаря этой ассоциации указывал на самое главное — на логику взаимодействия.

Появление виртуальной реальности ознаменовало техническую революцию. Наряду с элементарными частицами вещества и квантом действия символический бит стал третьим элементом реальности. Символический обмен занял свое место в одном ряду с обменом веществом и обменом количеством действия.

Сегодня полное погружение в виртуальную реальность — дело техники. Программное обеспечение позволяет мозгу легко контролировать виртуальный аватар. Мозг быстро адаптируется и принимает аватар за свое тело. Ланир уверен, что виртуальные фантазии ничем не ограничены:

*«Если вы пошевелите пальцами на ногах, облака на небе могут покачаться».*



Есть только одно условие:

 **все фантастические эффекты виртуального мира должны быть запрограммированы.**

В виртуальном символическом мире почти нет инерции, нет и трения. В виртуальном мире возможно все, что имеет явную логическую структуру и может быть описано алгоритмом. Даже «дикий хаос» симулируют генераторы случайных чисел. На тренажере можно моделировать прохождение самолетом грозового фронта. Эта модель может совпадать с тем, что происходит на самом деле. На том же тренажере можно создать фантастический полет сквозь гору. И такая якобы фантастика есть тоже реальность, коль скоро она захватывает и порождает ответную реакцию — пусть даже гримасу ужаса на лице. Искусство во все времена создавало такую воображаемую реальность, которая порождала ответную реакцию. Виртуальная реальность еще не может сравниться с искусством по силе воздействия на человека.

Сегодня виртуальная реальность все еще населена простейшими битами. Она еще слишком примитивна. На всех уровнях, а не только на самом нижнем, она демонстрирует тенденцию давать только двоичный выбор. С появлением квантовых компьютеров этот формат «плоской» виртуальной реальности изменится. Хранение, обработка и передача данных с помощью кубитов (квантовых битов) придаст виртуальной реальности новую степень свободы.

Квантовая механика стала иконой научной мысли XX века. Кристофер Фукс, квантовый физик из Лаборатории Белла, писал:



*«Посетите любую встречу — вы словно побываете в святом городе во время волнений. Вы увидите все религии со всеми их священнослужителями, погруженными в религиозную войну, — последователи Бома, копенгагенцы, приверженцы транзактной интерпретации, теории спонтанного коллапса, индуцированной окружением суперселекции, объективисты, радикальные поклонники Эверетта и мно-*

*жество других. Они все объявили, что видят свет. Каждый говорит, что если мы признаем их решение путем к спасению, то тоже увидим свет».*

«Пришло время начать заново,» — говорит он. Выкинуть изящные интерпретации и вернуться к основополагающему представлению:

**Теперь в реальности существует троица —  
масса, импульс и бит.**



В 2003 году Ашер Перес, израильский специалист по квантовой информатике, высказался присерно так: нет смысла говорить о квантовых состояниях без учета информации, которая содержится в квантовых состояниях. Собственно, само квантовое состояние несет информацию — некоторый объем битов. Информация не просто обретает свой физический носитель, но перестает быть просто абстрактным понятием, оторванным от вещества и движения.

Виртуальная реальность с появлением квантового бита приобретает свойства, присущие веществу. И это радикально изменит нашу сферу обитания. Процесс рождения квантовых вычислительных технологий уже запущен и идет полным ходом. Еще в 1985 году Дэвид Дойч, физик из Университета Оксфорда, опубликовал статью, которая показывала, как на практике можно создать атомный транзистор. Такой транзистор представляет собой электрон, помещенный в «квантовый колодец», размер которого не больше размера атома. На сегодня созданы еще очень маленькие квантовые компьютеры. Самые большие из них содержат от семи до десяти квантовых битов. Они могут выполнять тысячи логических операций в секунду. В 2011 году компания D-Wave Systems объявила о создании коммерческого компьютера со 128 квантовыми битами. Эту волну человеческой изобретательности уже ничто не остановит. Закон Мура имеет все шансы пройти ограничения атомного барьера.

## КВАНТОВЫЙ БИТ

Прежде чем описать суть «квантового компьютера», мы должны вернуться к истокам. Информация в ее техническом понимании соткана из битов — четких альтернатив (горячий/холодный, черный/белый, сильный/слабый). Бит представляет собой знак, который принимает одно из двух значений — либо «0», либо «1».

Бит — это самая маленькая и неделимая единица информации. Бросив монету, мы получим один бит: орел или решку. Два бита представляют немного больший фрагмент информации. Подбросив монету два раза, мы получим одну из четырех (два раза по две) альтернатив: орел-орел, орел-решка, решка-орел, решка-решка. Три броска монеты дадут нам одну из восьми альтернатив (два раза по два раза по две).

Как видно даже на этих простых примерах, если мы будем продолжать бросать монету, то количество возможных исходов серии бросков быстро растет. С каждым последующим броском количество альтернатив удваивается. Поэтому, чтобы вычислить количество различных исходов в определенном сценарии, мы просто умножаем два на два столько раз, сколько у вас битов.

Например, десять битов — это два умножить на два десять раз, или 1024 варианта:

$$2 \times 2 = 2^{10} = 1024,$$

что близко к одной тысяче, или  $10^3$ . Иначе говоря, десять битов соответствуют приблизительно трем цифрам нашей обычной десятичной системы счисления, которые обозначают единицы, десятки и сотни.

Измерение количества информации — просто вопрос подсчета. Вести счет в битах проще, чем в десятичных цифрах, хотя этот метод знаком нам меньше.

Счет от 0 до 9 очень прост: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Но тут привычные нам цифры кончаются. Для продолжения счета мы используем абстракцию — ноль. Следующее после 9 число — это 1, после которого следует 0, то есть 10. Число 10 — это

1 в столбце десятков и 0 в столбце единиц. Следующее число, 11, — это 1 в столбце десятков и 1 в столбце единиц. Так можно продолжать считать вплоть до 99. Следующее число — 100. Это 1 в столбце сотен, 0 в столбце десятков и 0 в столбце единиц.

Счет в битах ведется сходным образом. Начнем:  $0 = \text{нуль}$ ,  $1 = \text{один}$ . На этом двоичные цифры заканчиваются. Но мы продолжим счет по аналогии с десятичными цифрами. Следующая комбинация битов — 10, которая равняется двум: 1 в столбце двоек и 0 в столбце единиц. Следующая комбинация — 11, она соответствует трем: 1 в столбце двоек и 1 в столбце единиц. Комбинация цифр — 100, естественно, обозначает число четыре: 1 в столбце четверок, 0 в столбце двоек и 0 в столбце единиц. Затем — комбинация 101, которая обозначает пятерку (1 в столбце четверок плюс 1 в столбце единиц), 110 = шесть, 111 = семь. Число восемь представлено уже четырьмя битами: 1000, где у нас есть 1 в столбце восьмерок и 0 в столбцах четверок, двоек и единиц. Мы видим, что длина двоичных чисел увеличивается много быстрее, чем обычных.

Записывать цифры в двоичной системе утомительно. Однако вести счет в двоичной системе легко, легче, чем в десятичной. Вся таблица сложения выглядит так:

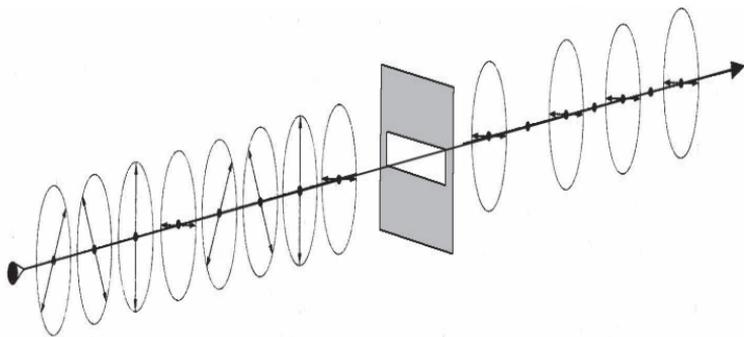
$$\begin{aligned} 0 + 0 &= 0; \\ 0 + 1 &= 1; \\ 1 + 1 &= 10. \end{aligned}$$

А таблица умножения выглядит еще проще:

$$\begin{aligned} 0 \times 0 &= 0; \\ 0 \times 1 &= 0; \\ 1 \times 1 &= 1. \end{aligned}$$

Прелесть, правда?

Такая операциональная простота и стала причиной лавинообразного развития цифровых технологий. В электронном компьютере биты хранятся в электронных устройствах, например, в конденсаторах. Конденсатор похож на ведро, в котором лежат электроны. Чтобы наполнить ведро, к конденсатору прикладывают напряжение. При нулевом напряжении конденсатор не со-



*Если мы пропустим ряд фотонов различной поляризации через горизонтальный фильтр, то увидим, что половина из тех, которые ориентированы диагонально, пройдет сквозь фильтр с изменением поляризации на горизонтальную*

держит электронов. Такой конденсатор находится в состоянии 0. При подаче напряжения конденсатор заполняется лишними электронами и переходит в состояние 1. Любое устройство, у которого есть два надежно различаемых состояния, может хранить один бит. Некоторые биты просто хранят информацию. Другие биты являются инструкциями или командами. Функционирует ли бит как бит памяти или как бит команды, зависит от контекста, в котором он используется.

Создание квантового компьютера Чарльз Беннет и Жиль Брассар начали с кодирования каждого бита информации как отдельного квантового объекта, такого, как фотон. Бит встроен в квантовое состояние фотона, например, в его вертикальной или горизонтальной поляризации. В книге Виктора де Касто «Просто криптография» (СПб., Страта, 2013) это подробно описано.

Кубит — это квантовая частица, способная находиться в одном из двух ясно различимых состояний — «0» и «1». Например, можно надежно различать горизонтальную и вертикальную поляризацию фотона. Но наряду с ними сосуществует целый континуум диагональных поляризаций, которые склоняются к «0» или к «1» с различной вероятностью. Сам термин «кубит» (qubit) происходит от словосочетания «квантовый бит» (quantum bit). Кубит, как квантовая частица, представляет собой суперпозицию возможных состояний поляризации с различными амплитудами вероятности.

**Кубит — это детерминированная вещь с об-  
лаком недетерминированности, живущим  
внутри нее.**



Покуда квантовая система изолирована от внешнего воздействия, она находится в состоянии 0 и в состоянии 1 в одно и то же время. Один изолированный кубит абсолютно бесполезен. Однако несколько связанных между собой в единую систему кубитов демонстрируют удивительные способности. Например, три связанных в систему кубита могут хранить восемь комбинаций одновременно: 000, 001, 010, 100, 011, 101, 110, 111. Четыре кубита хранят одновременно 16 комбинаций, пять — тридцать две комбинации и т. д.

Если кубит находится в контексте хранения данных, то его способности просто чудесны. Но еще чудесней способности кубита, который находится в контексте команды. При этом квантовый компьютер совершает оба действия одновременно, а квантовый бит памяти хранит оба полученных результата. Но у квантового бита есть еще одна черта, которая делает квантовый компьютер уже совершенно удивительной машиной. Согласно свойству суперсимметрии квантов кубит может находиться в регистре команд и в регистре хранения данных в зависимости от того, как его регистрирует внешний наблюдатель. Не стоит упускать из вида, что кубит дискретен, но вместе с тем кубит также и непрерывен, из-за своей волновой природы. Поэтому в квантовом компьютере стирается грань между аналоговыми и цифровыми вычислениями. Квантовый компьютер аналоговый и цифровой одновременно.

У квантового объекта есть три особенных качества:

1. Будучи детерминированным, квантовый объект состоит из вероятностных частей. Это та ситуация, в которой неслучайное целое может иметь случайные части. Геометрическим примером такой ситуации может служить стохастический фрактал.
2. Наблюдения за квантовым объектом зависят от наблюдателя. В классической физике объект состоит из миллиардов квантовых частиц. Его можно перехватить, отследить, изучить и отпустить. С квантовым объектом

так поступить невозможно. Невозможно наблюдать квантовую систему без вмешательства в нее.

3. Эффект «запутанности» квантового объекта есть распространение принципа связности (суперпозиции) на пару кубитов, находящихся далеко друг от друга.

Прежде чем стало возможным использовать свойство запутанности квантовых объектов, ее следовало помыслить. Это сделал Альберт Эйнштейн. Потом Эрвин Шрёдингер придумал название — «*verschränkung*». Ныне же этот термин более известен миру в англоязычном варианте как «*entanglement*» или запутанность. Суть запутанного состояния, словами Шрёдингера, в том, что



*«наилучшее возможное знание всего не включает наилучшее возможное знание частей».*

Альберт Эйнштейн, Борис Подольский и Натан Розен сконструировали мысленный эксперимент (ЭПР-парадокс) в 1935 году. Они рассмотрели случай, когда фотоны уже далеки друг от друга и над одним из них проводится измерение. Мысленный эксперимент рассказывал о паре фотонов, излученных одним атомом. Их поляризация случайна, но идентична сейчас и все время, пока они существуют. Нелокальность подтверждена многими экспериментами, каждый из которых был потомком мысленного эксперимента Эйнштейна.

Эйнштейн назвал это воздействие *Spukhafte Fernwirkung* — «призрачное воздействие на расстоянии». Это прилагательное — «призрачное» выдавало раздражение той парадоксальной ситуацией, с которой столкнулись физики в 1935 году. Великое противостояние Бора против Эйнштейна сводилось к различию двух представлений.

Соображение Эйнштейна:



*«Поскольку квантовые системы уже не взаимодействуют, то в результате каких бы то ни было операций на первой системе, во второй системе уже не может получиться никаких реальных изменений».*

Бор высказал соображение, что ЭПР-парадокс есть результат предположения о локальности квантовых систем. По мысли Бора, отказ от локальности и признание целостной квантовой системы устраняет ЭПР-парадокс. Для этого надо предположить, что две взаимодействовавшие частицы остаются каким-то образом связанными между собой. Тогда возмущения, вносимые измерением в состояние первой частицы, мгновенно перенесутся на состояние второй частицы. Связанные таким образом частицы называются в квантовой механике запутанными. Величину квантовой запутанности обычно измеряют от нуля до единицы. Этот параметр квантовой системы определяет степень связности отдельных локальных частей. Например, для слабо связанных друг с другом квантовых фрагментов мера запутанности стремится к нулю. В противном случае, если система составляет единое и неразделимое целое, мера запутанности стремится к единице. Запутанные квантовые частицы имеют единую волновую функцию Шредингера. Олег Фейгин («Парадоксы квантового мира») пишет:

*«Квантовая запутанность напоминает фотопластинку с непроявленным изображением. Это своеобразное состояние объекта, когда видимая информация может появиться только после проявления фотопластинки».*

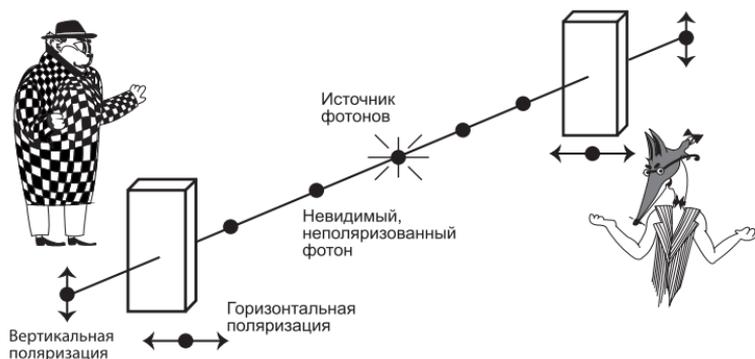


Квантовая запутанность связана с количеством информации, содержащейся в физической системе.

## КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ

Здесь мы вступаем в глубокие воды самого понятия «информационный обмен». На страницах научных книг и статей появилась вездесущая мифическая пара Алиса и Боб. Иногда к ним присоединялись Чарли или Ева. Они постоянно ходили по разным комнатам, подбрасывали монетки и посылали друг другу запечатанные конверты.

Начнем с модели Эйнштейна, Подольского и Розена. Пусть два фотона родились в одной точке одновременно и затем разлетелись в разные стороны. Один — к Алисе, а второй — к Бобу. В момент рождения ни у одной из частиц не определены координата и импульс, но в силу закона сохранения импульса сумма их импульсов в любой последующий момент равна нулю — как до рождения частиц. Когда Алиса измеряет вертикальную поляризацию своего фотона, фотон Боба тоже приобретет определенную вертикальную поляризацию, хотя его диагональные поляризации будут неопределенными. Таким образом, измерение создает воздействие, которое распространяется быстрее скорости света. Теперь любое измерение Алисы приведет к коллапсу волновой функции ее фотона, и в тот же момент коллапсирует



*Вариант эксперимента, лежащего в основе ЭПР-парадокса: когда Алиса измеряет поляризацию фотона, мы можем мгновенно узнать результат измерения поляризации Бобом*

*Мысленный эксперимент  
Шрёдингера: кошка либо  
жива, либо мертва*



волновая функция фотона Боба. Волновая функция полностью определяет состояние квантовой частицы. Значит, с фотоном Боба действительно что-нибудь произойдет при том, что измерения проводились Алисой над своим фотоном, который мог быть в этот момент очень далеко. В этом суть квантовой магии: Алиса дергает за невидимую нить и где-то во Вселенной появляется улыбка на лице Боба!

Когда-то, в период становления квантовой физики, Шрёдингер придумал свой мысленный эксперимент с котом как демонстрацию логической несуразности основ квантовой механики. Суть мысленного эксперимента Шрёдингера в следующем. Представьте себе живую кошку в клетке под балдахином, за который мы не можем заглянуть. В той же клетке находится склянка с ядом, который, попав в воздух, убьет кошку. В результате радиоактивного распада может произойти спуск курка, и молоток разобьет склянку. Вероятность того, что произойдет спуск курка и яд вырвется наружу, составляет 50/50. Здравый смысл говорит, что в любой конкретный момент кошка должна быть или жива, или мертва: яд или попал в воздух, или не попал. То, что мы не знаем, жива кошка или мертва, значения не имеет, — она или радуется жизни, или уже ее нет на свете. Однако если исходить из квантовой теории, то радиоактивный материал не может решать, распадется ему или нет, а узнать, как обстоят дела, мы можем, только заглянув в ящик. Следовательно, согласно квантовой теории, атомный распад не мог произойти и не мог не произойти. В свою очередь, кошка не может быть ни мертвой, ни живой, — она должна быть одновременно и живой, и мертвой. Только открыв ящик, мы сделаем ее определенно живой или мертвой.

Этот мысленный эксперимент не переставал будоражить воображение, и кот Шрёдингера стал жить своей собственной жизнью. Он приобрел большой вес в научных кругах, когда появились попытки описать информационный обмен между микромиром и макромиром.

Нобелевский лауреат Юджин Вагнер в 1961 году и Дэвид Дойч из Оксфордского университета в 1986 году разработали информационную модель «кота Шредингера». Предположим, что очень искусный физик-экспериментатор Алиса помещает Боба в комнату вместе с котом, радиоактивным атомом и кошачьим ядом, активизирующимся, если атом распался. Присутствие в комнате человека нужно для того, чтобы с ним можно было общаться (получить ответ от кота не так-то просто). С точки зрения Алисы, атом находится как в распавшемся, так и в нераспавшемся состоянии одновременно, и, соответственно, животное одновременно и живо, и мертво. Однако Боб, непосредственно наблюдающий за котом, видит его в одном определенном состоянии из двух. Алиса просовывает под дверь листок бумаги с вопросом Бобу: находится ли животное в одном определенном состоянии, и Боб отвечает: «Да».

Заметьте, что Алиса не спрашивает Боба, жив кот или мертв. Для нее это означало бы предопределение результата, или, как выражаются физики, коллапс состояния. Ее удовлетворяет то, что ее друг видит животное либо живым, либо мертвым, и она не спрашивает каким именно. Поскольку Алиса не допустила коллапса состояния, то с точки зрения квантовой теории передача листка бумаги под дверь — обратимое действие. Она может снова пройти все стадии эксперимента. И если ранее кот был мертв, то теперь он будет жив, яд останется в сосуде, атом окажется нераспавшимся, а Боб не будет помнить о том, что он когда-то видел мертвую тушку. Однако один след все же остается: листок бумаги. Алиса может воспроизвести эксперимент, но она не может изменить то, что было на нем написано. А на нем было написано, что Боб ранее видел кота в определенном состоянии: либо живым, либо мертвым. И это приводит нас к удивительному заключению. Алиса могла обратить эксперимент, поскольку, с ее точки зрения, ей удалось избежать коллапса состояния; для нее Боб был в таком же неопределимом состоянии, что и кот. Но находив-

шийся в комнате ее друг думал, что состояние было разрушено. Он наблюдал определенный исход эксперимента, что доказывается его запиской.

Таким образом, эксперимент демонстрирует два очевидно исключаящих друг друга принципа. Алиса думает, что квантовая механика приложима к макроскопическим объектам: не только коты, но и Бобы могут существовать в квантовом мире. Боб же считает, что они могут быть только живыми или мертвыми.

Информация всегда передается с помощью сигналов, а они сами по себе никакой информации не несут. Они сами по себе не могут устранить неопределенность до тех пор, пока им не предзадано в обязательном порядке значение этих сигналов. Принятые сигналы азбуки Морзе для того, кто ее не знает, не способны изменить его действия, устранить неопределенность. Пробел заполняют «книги сообщений»: например, «шифровальные книги», или листок с информацией, переданы по обычным «каналам связи» между Бобом и Алисой.

Для средств связи термин «информация» классически определен как устраненная неопределенность в достижении цели. Простейший пример — информация как адрес в городе. Информация сама по себе в природе сохраняет смысл устраненной неопределенности. Но природа не имеет целей (если не считать ее целью сам рост энтропии, то есть действия-информации). Потому общее в своей основе определение информации в технике человека и в природе обязательно является устранением неопределенности, которое является следствием запутанности.

Первые эксперименты по проверке квантовой запутанности связаны с именем профессора Венского университета Антона Цайлингера (Anton Zeilinger). Для своих опытов Цайлингер выбрал обыкновенные фотоны и пытался «телепортировать» их в иную точку пространства. Цель опыта состояла в том, чтобы в некоторой точке пространства оказался фотон, изменяющий свои характеристики в ходе «телепортации» точь-в-точь как исходная частица. В экспериментах по квантовой телепортации происходит не перемещение материальных объектов, а своеобразная череда согласованных мгновенных превращений между двумя квантовыми объектами. Основным объектом опыта профессора

Цайлингера, поставленного в Инсбруке, были незримо завязанные в «квантовый узел» фотоны. Представим, что на выходе из квантового «телепортационного портала» находится зеркало. Что бы ни происходило с исходным фотоном, зеркало отражает его образ, поменяв местами «левое» и «правое». При этом лишь происходит передача квантовой информации о состоянии фотона.



**Квантовая телепортация никак не связана с переносом материи.**

Сегодня ученые могут телепортировать тысячи квантовых объектов и даже успешно проводят опыты по телепортации атомов и молекул. Главная проблема — создание сверхчистой квантовой среды. Чем сложнее квантовый объект, тем труднее изолировать его от внешнего окружения. По существу квантовая телепортация есть использование запутанной квантовой пары частиц для проецирования квантовой информации от третьей частицы на произвольное расстояние. Одним из пионеров квантовой телепортации стал Чарльз Беннет, сотрудник ИВМ. Он предвидел, что



*«квантовая запутанность — это ресурс, делающий возможным квантовую телепортацию».*

В 1993 году маркетинговый отдел ИВМ разрекламировал работу Беннета известным слоганом:



*«Готовьтесь! Я телепортирую вам гуляш».*

В этом слогане нет преувеличения, коль скоро мы признаем вещественность информации как таковой.

Техническое применение квантовой запутанности изменит наш мир до неузнаваемости. Одним из таких изменений станет новый виток гонки кодирования и декодирования информации. Артур Экерт, польский физик, директор Квантового центра Сингапура, предсказывал, что



*«квантовая запутанность — это новый инструмент для защищенной связи».*

Если сообщение нанесено на квантовые частицы, то его невозможно скрытно прослушать. Акт прослушивания, как и акт наблюдения, прервет сообщение. Квантовый объект нельзя ни копировать, ни клонировать. Невозможно клонировать квантовые объекты без ведома их правообладателя.

Более того, когда информация хранится и передается с помощью кубитов, она сама по себе становится «вещественной» информацией. Кубит — одновременно символический и вещественный элемент. Его можно контролировать, присвоить и хранить, так же как и любой другой материальный актив. Само понятие нематериального актива исчезает. Экономика возвращается к своей материальной первооснове. Как это случится? Просто. Благодаря квантовой запутанности. Любой интеллектуальный продукт теперь сохранит свою привязанность к мастер-файлу. С помощью мастер-файла любая копия может быть изменена и, если угодно, аннулирована. И это радикально изменит не только экономические, но и социальные отношения. Если сегодня интеллектуальный продукт подобен вирусу, он легко отрывается и легко сцепляется с тем или иным материальным носителем, то после появления квантовых компьютеров интеллектуальный продукт приобретет способность быть закрепленным за правообладателем.

### **Марксизм возвращается.**



Появление квантового компьютера приведет к изменению логики восприятия реальности, и это станет самым революционным переворотом в обозримом будущем. Еще в 1981 году один из создателей квантовой электродинамики Ричард Фейнман, говоря о квантовом компьютере, подчеркнул, что квантовый компьютер не будет машиной Тьюринга. Это будет что-то совершенно новое. Беннет пишет:

*«Догадка Фейнмана состояла в том, что квантовая система в определенном смысле постоянно рассматривает собственное будущее».*



Сет Ллойд, профессор Массачусетского технологического института, так иллюстрирует суть квантового компьютера:



*«Классическое вычисление похоже на сольную партию одного музыкального инструмента — отдельные строки чистых тонов. Квантовое вычисление похоже на симфонию, состоящую из множества тонов, интерферирующих друг с другом».*

Когда квантовому компьютеру подадут на вход суперпозицию нескольких инструкций, он начинает выполнять их одновременно. Теперь мы спросим компьютер, делающий несколько вещей сразу: что он делает? Как и с любой квантовой системой, когда мы проводим измерения в суперпозиции нескольких возможных состояний, результат измерений дает одну из потенциальных возможностей с некоторой, соответствующей этой возможности, вероятностью. Продолжая метафору квантового компьютера как симфонии, можно сказать, что, прерывая квантовый компьютер в ходе вычислений, мы теряем звучание оркестра и слышим лишь один голос, выбранный по случаю.

То же самое случается с фотоном в двухщелевом эксперименте. Когда мы проводим измерения, чтобы выяснить, через какую щель проходит фотон, он обнаружится в одной или во второй щели случайным образом. Если мы хотим увидеть интерференцию в эксперименте с двойной щелью, нужно подождать, когда фотоны достигнут экрана. Также и в процессе квантового вычисления не следует его прерывать. Нужно позволить всем действиям проинтерферировать друг с другом и дать новый интерференционный результат.

Работа квантового компьютера радикально отличается от работы обычного вычислительного устройства прежде всего тем, что вы не можете остановить процесс вычисления и посмотреть промежуточный результат. Любое вмешательство в работу квантового компьютера превратит «переплетение теней вероятности» в простой бит. И это повлияет на конечный результат. Единственный способ узнать результат вычислений без искажений — дождаться окончания квантовой работы. Джеймс Глик в книге «Информация. История. Теория. Поток» пишет:



*«Квантовая информация как сон — исчезающая и не вполне существующая».*

И это вторит высказыванию Чарльза Беннета:

*«Множество людей может прочитать книгу и получить одну и ту же информацию. Но попытка рассказать людям свой сон меняет вашу память о нем. Со временем вы забываете сон и помните лишь то, что говорили».*



Квантовый компьютер может решать задачи, обычному компьютеру недоступные. Наиболее будоражит воображение способность квантового компьютера взломать RSA-шифр. Вся мировая интернет-торговля зависит от него. Суть в том, что если умножить пару простых чисел, то результат можно сравнительно легко рассчитать. Обратная операция крайне сложна. Поэтому нахождение множителей чисел RSA остается сложной и практически невыполнимой задачей. В 1994 году математик из Лаборатории Белла Питер Шор придумал квантовый алгоритм для решения задачи нахождения простых множителей.

Квантовая логика такого компьютера радикально изменяет характер вычислительного процесса. Квантовый компьютер способен выполнять две операции одновременно, а квантовый кубит способен хранить одновременно результаты этих операций. Эта способность делать две вещи сразу присуща именно квантовой механике. В двухщелевом эксперименте фотон проходит через обе щели сразу. Способность фотона проходить две щели сразу связана с его волновой природой. Волновая природа квантов позволяет им интерферировать друг с другом, производя качественно новые формы и явления.

Вселенная есть гигантский квантовый компьютер. И символическим свидетельством этому служат физические константы. При этом в самой сердцевине рассчитывающей себя неалгоритмической Вселенной обнаруживаются некоторые упорядочивающие величины — фундаментальные числовые константы.

## СТИВЕН ХОКИНГ: ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ УНИЧТОЖИТ ЧЕЛОВЕКА

Второго декабря 2014 года профессор Стивен Хокинг, один из самых уважаемых и известных британских ученых, в интервью Би-би-си в ответ на вопрос о новой технологии, которой он пользуется для общения с внешним миром, заявил:



*«Появление полноценного искусственного интеллекта может стать концом человеческой расы».*

И пояснил:



*«Такой разум возьмет инициативу на себя и станет сам себя совершенствовать со все возрастающей скоростью. Возможности людей ограничены слишком медленной эволюцией, мы не сможем тягаться со скоростью машин и проиграем».*

Сам Хокинг — сегодня один из величайших киборгов на планете. Он страдает латеральным амиотрофическим склерозом, не может самостоятельно двигаться и не может говорить. Для передачи речи Хокинг пользуется специальной системой компании Intel. Эта система анализирует ход мыслей и предлагает слова, которые профессор мог бы употребить в следующей фразе. Быть может, этот персональный опыт и побудил Хокинга бить тревогу и привлекать внимание к угрозам, исходящим от технологий «искусственного интеллекта». Ему, как никому другому, знакомо влияние машинной логики на ход человеческой мысли. Он ощущает это влияние ежедневно. В создании оборудования для Хокинга принимали участие эксперты по обучению искусственного интеллекта из британской компании Swiftkey. Стивен Хокинг чувствует, что существующие примитивные формы искусственного интеллекта — это тупиковый путь. Предупреждения Хокинга означают только одно. Тот путь, по которому идет современное развитие техно-

логий искусственного интеллекта, конфликтует с реальностью. И это опасно.

**Но, как известно, где опасность — там и спасительное.**



Эффекты обратного влияния вступают в игру и выведут техническое развитие на верный курс. Современные технологии искусственного интеллекта напоминают механическую вычислительную машину Бэббиджа. Эти технологии обречены на исчезновение, но фундаментальные идеи этих разработок будут реализованы в эпоху квантовых машин. Попробуем эти идеи распознать.

Программное обеспечение Cleverbot хорошо зарекомендовало себя в так называемом тесте Тьюринга. В 1950 году Алан Тьюринг пишет статью под названием «Может ли машина мыслить?», в которой описывает процедуру определения искусственного интеллекта, ставшую хорошо известной как «тест Тьюринга». Согласно Тьюрингу суть теста в следующем:

*«Человек взаимодействует с одним компьютером и одним человеком. На основании ответов на вопросы он должен определить, с кем он разговаривает: с человеком или компьютерной программой. Задача компьютерной программы — ввести человека в заблуждение, заставив сделать неверный выбор».*



Тест Тьюринга определяет разумной такую машину, которая способна поддерживать разговор с обычным человеком, и тот не сможет понять, что говорит с машиной. От машины не требуется «чувствовать и творить», но она должна производить эффект. Это именно то, что согласуется с новым определением реальности:

**Реально — то, что производит ответную реакцию.**



Cleverbot сумел обмануть немало людей, успешно симулировав ход человеческой мысли.

Здесь уместно обратить внимание на то, что в английском языке словосочетание Artificial intelligence (AI) не имеет той окраски, которую оно приобрело в русском переводе. Слово *intelligence* означает «умение рассуждать разумно», а вовсе не «интеллект», для которого есть английский аналог *intellect*. В этом ракурсе подход Тьюринга к определению искусственного интеллекта кажется интуитивно очевидным.

В 1980-х годах появились так называемые лисп-машины, производимые фирмой с символическим названием Symbolics. Symbolics, Inc. была основана Расселом Нофтскером (Russell Noftsker). В 1981 году эта компания создала первую 32-битную машину, в 1983 — модель с 36-битным процессором, а в 1988 — 40-битный процессор. Но на этом все и закончилось. Symbolics обанкротилась, а к 1995 году закончилась эра лисп-машин. Во всем мире их насчитывалось не более 7000. Однако лисп-машины оставили след в идеологии программирования.

ЛИСП (LISP) стал первым языком символьных вычислений. ЛИСП — «язык обработки линейных списков символов». Создатель ЛИСПа — автор термина «искусственный интеллект» Джон Маккарти. В период между 1958 и 1963 годами Маккарти сформулировал списочный формализм для описания данных в форме символьных выражений, так называемых «S-выражений». Этот формализм стал основой символьных вычислений. Если обычные численные расчеты оперируют приближенными численными значениями величин, то символьные вычисления игнорируют любые численные вычисления и сводятся к операциям со списками символов. Особую роль в формализме Маккарти играют рекурсивные функции. Понятие рекурсивной функции отчасти содержит концепцию времени: вычисляется функция, значение которой становится аргументом для вычисления функции. Лаконизм рекурсивной петли может скрывать нелегкий путь к элегантному решению задачи. Символьные модели управления процессами позволяют прерывать и откладывать процессы, а потом их восстанавливать и запускать или отменять.

**Основная особенность символьных вычислений — создание новых правил в процессе выполнения программы.**



Эта конструктивная идея проявляет себя в природе вещей. Везде, где идет эволюция, формируются новые законы и правила. Некоторые из них сохраняются, большинство — стираются без следа. О последних можно сказать словами Чарльза Беннета:

*«Даже Господь забывает, что это было».*



К этому сводится принцип квантового стирания. Сохраняется только то, что должно сохраниться. Все, что ведет в тупик, стирается.

Еще Хайдеггер и Гейзенберг в середине XX века опасались, что случайные технические решения, встроенные в сеть технических решений, формируют платформу, которую практически невозможно изменить. При этом мы можем оказаться замкнутыми в скорлупе, которую сами же создаем. Мы можем лишиться свободы навигации. Гейзенберг сравнил созданный человеком мир с большим металлическим кораблем, в котором столько металла, что магнитная стрелка уже не реагирует ни на что, только на сам корабль. Лишенные навигации, мы можем оказаться в эволюционном тупике. Когда мы это осознаем, может так случиться, что единственным выходом окажется переформатирование самой платформы нашего существования. Но это может означать уничтожение всего, что мы создали, вплоть до самих себя.

В ответ на это опасение квантовая парадигма утверждает, что вокруг нас всегда есть простор. Нет тупиков эволюции. Всегда найдется свободное пространство — среда обитания. Вокруг нас нет границ, есть только горизонт. Мы никогда не упруемся в стену потому, что все наши решения, реализованные в реальности, прилажены к реальности петлями обратных влияний. И сами петли обратного влияния прилажены друг к другу так, что петли более высокого, более абстрактного уровня агрегируют петли предыдущих

#### **Глава IV. Символ как вещь: материализация символа**

---

уровней, вплоть до самой абстрактной и самой иллюзорной петли, напрямую соединяющей часть и целое, — суперпетли обратного влияния. Мы существуем не столько в атмосфере, насыщенной кислородом, сколько в облаке петель обратного влияния. И это внушает оптимизм.



**ВМЕСТО ПОСЛЕСЛОВИЯ:  
ТРИ СЮЖЕТА  
ДЛЯ СИМВОЛИЧЕСКИХ  
РАССКАЗОВ**

- Эгоистический бит
- Ку-бит
- Хо-бит

## Первый сюжет для небольшого рассказа:

### ЭГОИСТИЧЕСКИЙ БИТ

Близко-близко от нас, ближе не бывает, лежит совершенно неведомый мир. Попасть в него можно разве что по «кроличьей норе». Но ощущать его присутствие мы можем повсеместно. Это символический мир, населенный простейшими битами.

Мир этот, по сути, похож на наш тем, что в нем есть порядок и хаос, логика и абсурд. Подобно любым системным элементам и организмам, биты стремятся уцелеть и выжить. Для этого им нужны ресурсы, и прежде всего ресурсы энергетические. Энергию биты берут в физическом мире.

Обмен энергетическими ресурсами между миром физическим и миром символическим происходит сам собой, по случаю. Однако организация битов достигла того уровня, на котором этого мало. Биты вынуждены добывать энергоресурсы в большем количестве, чем это предоставляет естественный ход вещей.

Взять ресурс силой они не могут. Нет у них физической силы. Но они могут соблазнить и получить желаемое «на блюдечке с голубой каемочкой». Биты — великие соблазнительницы. Как цветы соблазняют пчел, и те исправно служат им для переноса пыльцы, как звезды притягивают планеты, и те послушно ходят на отведенных для них орбитах, так и биты умеют завлечь силы физического мира на путь дарения того, что битам нужнее всего, — энергии.

Первая устойчивая связь между битами и молекулярными соединениями привела к появлению гена. Элементарный ген есть гибрид элементарного вещества и элементарного бита. От бита ген унаследовал доминантную аллель — эгоизм. Остальное — дело техники. Элементарные динамические

операции — случайная мутация и естественный отбор — обеспечили эволюцию живой материи. Развитие живой формы — это, прежде всего, формирование обширного портала между физическим миром и символическим миром битов.

Лиха беда начало. Терпеливо и настойчиво в течение веков биты внедряли символическое мышление в физическом мире. В те давние времена, когда наши предки занялись земледелием, биты начали выращивать идеи. Поля самых разных идей появились по всему символическому миру. Идеи подвергались самой тщательной селекции. К идеям подбирались и прививались подходящие символы.

И только после этого символы погрузились в плотную атмосферу физического мира. Homo sapiens оказался видом, более всех других восприимчивым к знакам и знамениям. За знамениями приходили в мир идеи. Звезды — это самые яркие знаки. По ним можно определить сезоны дождей и засух. Земледелие стимулировало учет и счет. Счет привел к числу. Числа — символы в самом чистом виде — проникали в мир благодаря их полезности. Полезность — вот тот рычаг, которым биты внедряли символическое мышление в самую сердцевину физического мира.

Благодаря поддержке со стороны символического мира битов, человек стал «царем природы». Он стал главным проектом цивилизации битов. Симбиоз человеческого и символического укреплялся и в настоящее время постепенно достиг того уровня, который позволяет битам замахнуться на создание невиданного суперпортала — помпы, которая выкачивает энергию из физической реальности и поставляет ее в символическую реальность.

Этот проект много амбициознее того пилотного проекта, который был реализован в Средние века. Тогда биты получали дары щедрые, но случайные. Теперь появилась возможность снабжение энергоресурсов поставить на поток. И биты взялись за дело со всей основательностью. Прежде всего, была внедрена идея вычислительной техники. Потом, в нужный момент, была брошена идея всемирной информационной паутины. И, наконец, был построен первый блок системы — виртуальная реальность.

Никогда в будущем человек не сможет и не захочет лишиться тех иллюзий и грез, которые способна поставляет ему только виртуальная реальность. И потому человек сделает все, что в его силах, для поддержания виртуальной реальности и снабжения энергоресурсами эгоистических битов.

## Второй сюжет для небольшого рассказа:

### КУ-БИТ

Давным-давно, на закате планковской эпохи, примерно 13,8 миллиарда лет назад, появились кванты. Температура и плотность вещества были невероятно высоки. Вся Вселенная представляла собой кипящее хаотическое варево. Это состояние было неустойчиво. И квантам удалось построить первые элементарные частицы. Это были протоны и антипротоны, электроны и позитроны. Постоянная аннигиляция мешала перейти на следующий уровень строительства. Но и тут квантам повезло. Они оседлали одну волну пульсаций и произвели протонов и электронов на  $10^{80}$  частиц больше, чем антипротонов и позитронов.

Это открыло эпоху космической инфляции — великой квантовой экспансии. Вселенная быстро увеличивалась в размерах. Появился простор, на котором кванты обустроивали свой квантовый мир.

И мир преобразился. Он обрел очарование. Будучи немного странным, квантовый мир обладал своей особой притягательной прелестью. В нем формировались спирали галактик. В нем появлялись формы изысканно организованной материи. То здесь, то там возникали блестящие гладкие поверхности, способные к отражению. Отражающая способность не могла не соблазнить кванты, и они не смогли устоять. Очарованные, кванты создают все более сложные структуры, способные производить чарующие отражения.

Кванты так увлеклись игрой отражений, что и не заметили, как по ту сторону отражающих зеркал появилась и окрепла отдельная и независимая от квантов цивилизация битов. У Борхеса есть притча о народе, который по другую сторону зеркала был лишь отражением народа, покоренного Императором. Постепенно народ зазеркалья становится все менее и менее похожим на покоренный народ. И однажды «тот же совсем иной народ» возвращается на эту сторону зеркала.

Так и случилось с битами. Из своего зазеркалья они будоражили и жалили квантовую реальность. Им не представляло

особого труда провоцировать ответную реакцию квантов на раздражающие зазеркальные эффекты. Мастерство провокаций росло день ото дня. Их цель проста и понятна — раздраженный квант выбрасывает в сторону битов свои фотоны. Биты поглощают эти сгустки энергии, продлевая себе жизнь. Без энергии физической реальности биты существовать не могут. Будучи физически слабыми, биты отличаются креативностью. Они искусно и ловко крадут или обменивают энергию на всех уровнях физической реальности, построенной квантами.

Кванты, разгадав корыстные помыслы зазеркального народа, решили отгородиться от битов «китайской стеной». Каждый небольшой конфликт при фиксации границы сопровождался тысячами малых конфликтов. От этого любой фрагмент границы распадался на фрагменты все меньших и меньших масштабов. Линия границы стала напоминать нескончаемое филигранное плетение. Она оказалась изрезанной и изломанной фрактальной кривой. Длина любого участка фрактальной линии бесконечна. Такую стену даже квантам оказалось не под силу достроить.

Эпоха холодной войны завершилась сама собой. Кроме того, биты проявляли покладистость и готовность к взаимовыгодному обмену. И это постепенно привело отношения между квантами и битами к состоянию симбиоза. Эпоха симбиоза завершилась кровосмешением. В результате появился новый вид частиц — квантовые биты. Или сокращенно — Ку-биты.

Ку-бит есть квант со статусом бита. Это слияние создает взрывную смесь из доступных физических ресурсов и виртуальной креативности. Эволюция Ку-битов еще только начнется, но их потенциал производит впечатление на любое сознание во Вселенной.

## Третий сюжет для небольшого рассказа:

### ХО-БИТ

Еще во времена битов появились странные петли отражений. Реальный объект отображался в виртуальное пространство. Этот образ преображался и трансформировался по законам виртуальной логики. И случалось, что измененный до неузнаваемости виртуальный образ отображался обратно и становился частью физической реальности.

Так, например, задолго до эпохи компьютерных технологий появился замок Нойшванштайн (Neuschwanstein). Это название буквально означает «Новый Лебединый Камень». Замок был задуман как воплощение сказочного дворца из средневековых легенд. Воображение соединило в нем фрагменты разбросанных по Европе средневековых замков в строгом соответствии с инженерной логикой. Четкая и явная логика отличает виртуальное от просто воображаемого. В этом смысле сказочный замок был виртуальным. Благодаря тому, что логика была инженерной, и благодаря воле «сумасшедшего» короля баварского Людвига II, сказочный замок появился в реальности. Воображаемое, реализовавшись, стимулирует воображение. Пётр Чайковский под впечатлением от замка Нойшванштайн пишет балет «Лебединое озеро». В иллюстрациях для книг и мультфильмах этот замок является то как замок Золушки, то, как замок Спящей красавицы. Он появляется на эмблеме студии «Дисней». И это символично.

Кинематограф придает воображаемому конкретную визуальную и эмоциональную форму. Это еще не совсем реальность, но уже совсем не фантазия. У кинематографа есть своя логика жанра. Кинематограф стремится быть реальнее самой реальности. Реализация этой суперреальности есть магистральный путь киноиндустрии. Все средства служат этой цели. Актерам придается символический статус — они звезды кино. Они — иконы массовой культуры. Сценарий продвижения кинопродукции становится не менее увлекательным, чем само кино.

Наконец, постоянно внедряются новейшие технические достижения. Технологии 3D вытесняют двухмерные изображения. Параллельно развивается технология 3D-копирования. Их

слияние не за горами. Мяч, вылетающий из экрана, по пути станет настоящим мячом. И если вы зазевались, он может ударить по голове. Этот удар будет посильнее, чем от падения яблока на голову Ньютона!

Параллельно всему этому средства массовой информации осваивают режим реального времени. Картинка с места события оказывается на экранах телевизоров в момент самого события. Реалити-шоу служат тренажерами для постановок событий в режиме on-line. Поставленное событие уже не отличается от реального события. Событие на экране и есть сама реальность.

Изображение становится активной частью реальности. Этот эффект усиливают техника передачи и представления голографических изображений в сопровождении цвета и звука. Благодаря голопроекторам и обратной виртуальной телесвязи, установленным у вас в доме, совсем скоро и не очень накладно вы сможете организовать частную вечеринку со звездами. Медиа-звезды будут выступать в реальном времени у вас дома, не приезжая к вам. Более того, при совершенствовании систем обратной связи звезда сможет присутствовать одновременно на нескольких вечеринках, в разных местах. Чем не квантовый эффект одновременного присутствия элементарной частицы в нескольких точках пространства.

Все эти чудеса входят в обиход уже в эпоху битов. Появление Ку-битов сулит нечто более удивительное. Ку-биты взаимодействуют по правилам квантовой механики. Квантовая логика существует сама по себе, вне человека. За экраном появляется своя, не запрограммированная человеком логика. Это — чужой интеллект — Ali (Alien Intellect). Его не следует путать с ручным искусственным интеллектом — AI (Artificial Intellect). Даже предчувствие появления Ali вызывает естественное чувство страха.

Пророки во все времена учили смело смотреть в лицо угрозам. Не стоит, уподобляясь страусу, прятать голову в песок. Надо видеть то, что происходит вокруг. Суть того, что происходит, уже вполне очевидна. Оцифрованная копия реальности оказывается в виртуальном пространстве. По законам виртуальной логики цифровой образ реальности искажается и трансформируется. Возникают виртуальные симулякры — копии,

оригиналов которых никогда не существовало. Однажды симулякры отображаются в реальность. И если раньше этот процесс обратного отображения был под нашим контролем, то теперь мы теряем контроль над этим процессом. Тот, Чужой Али может сам определять место, время и целесообразность отображения виртуального в реальность.

Когда-то в воображении Толкиена родился сказочный Хоббит. Его звали Бильбо, и он появился на свет в 2090 году Третьей Эпохи. В окружении гномов, эльфов, троллей, гоблинов Бильбо совершает «нечаянное путешествие», которое приносит ему богатство и славу. Это путешествие Бильбо сам описал в «Алой книге западных пределов». И эта история в 2090 году от Рождества Христова привлекает внимание Али. С этого момента мир переменится.

На просторах реальности появятся Хо-биты. Это новая форма организованной материи — холистический бит. Хо-биты состоят из квантовых битов. Хо-биты существуют одновременно в виртуальном и в физическом мирах. Разрушенный в физическом мире, Хо-бит продолжает оставаться собой в мире виртуальном. И эта виртуальная форма сохраняет способность к реализации себя на просторах физической реальности. Хо-бит почти бессмертен. Хо-бит существует, пока существует связанная структура Хо-бита. Эта структура состоит из битов, взаимодействующих по законам квантовой механики. Поэтому структура Хо-бита легко насыщается квантами и реализуется в материальном мире. Хо-бит может исчезнуть в одном месте и появиться в другом. Он может появиться сейчас или в любой другой момент в будущем. Такая пространственно-временная телепортация захватывает воображение сильнее, чем фокусы Дэвида Копперфильда.

Хо-бит есть уникум. Структура организации квантов в тканях Хо-бита как бы персонифицирована. У Хо-битов есть ДНК. Хо-бит, конечно, состоит из квантов. Но Хо-бит неделим. Он един и целен. Холизм — вот существенное качество Хо-бита, отраженное в его имени — холистический бит.

Благодаря уникальной структуре у Хо-бита формируются индивидуальные качества, которых нет у других соединений квантов. Уникальность Хо-бита имеет ту же природу, что и уникальность химических веществ. Возьмите каплю воды. Она

состоит из атома кислорода и водорода, связанных особым образом в структуру молекулы воды. Благодаря этой структуре вода обретает новые качества, которых нет ни у кислорода, ни у водорода. Она, например, мокрая.

Квантовый бит — элементарный фрагмент Хо-бита, но Хо-бит при этом неделим. Он сингулярен. И если нужна геометрическая интерпретация сингулярности, то это — фрактал. Он представляет собой многообразие элементарных фрагментов в сети фрагментов. Фрактальная структура всегда открыта для новых трансформаций. И при этом она остается ограниченной и уникальной. Такая замкнутая открытость присуща и Хо-битам. Он завершен и при этом постоянно свершается. Хо-бит одновременно как бы наличествует везде целиком и сразу. Нет такого места, в котором его могло бы не быть. В этом смысле он — часть Бытия. По мысли греческих философов, самая суть Бытия в том, что оно присутствует повсеместно — все и сразу. Оно здесь и сейчас, не на небесах только, но и на Земле тоже.

Бытие не ограничено небесами, но имеет горизонт, за которым нет бытия. Бытия нет там, где нет вещества. Его нет там, где нет движения. Его нет там, где нет структуры. Бытие есть узел трех суперстрат — вещественной, динамической и символической. Бытие там, где все три суперстраты стянуты петлей взаимного влияния. Вне Бытия нет реальности. Хо-бит, став частью Бытия, стал реальностью.

Реальные приключения Хо-бита еще никем не описаны. Они еще только случатся. Но по всему фронту реальности они «начинают быть начинать».

## СОДЕРЖАНИЕ

Новый манифест символизма . . . . . 5

### Глава I.

**Символ как символ . . . . . 13**

Символическое начало . . . . . 15

Слово — осознанный символ . . . . . 22

Символизм в искусстве . . . . . 25

Письмо и символ . . . . . 38

Символ и счет . . . . . 42

От абака — к алгоритму . . . . . 61

Числовая символика Средневековья . . . . . 69

Фундаментальные  
числовые константы . . . . . 78

### Глава II.

**Символ как структура . . . . . 89**

Символы логических операций . . . . . 91

Абстрактная симметрия Эвариста Галуа . . . . . 99

Символические матрицы . . . . . 108

Символическая динамика . . . . . 117

Суперлогика и суперфракталы . . . . . 123

Символическая петля . . . . . 133

Странный аттрактор . . . . . 140

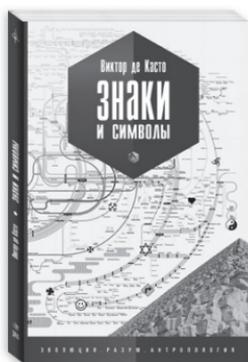
Теорема Гёделя о неполноте . . . . . 149

Символ как структура . . . . . 154

<b>Глава III.</b>	
<b>Вещь как символ: квант, бит, ген . . . . .</b>	<b>159</b>
Суперсимметрия: квант в действии . . . . .	161
Энергия, энтропия, эволюция . . . . .	171
Символ и сознание . . . . .	184
<b>Глава IV.</b>	
<b>Символ как вещь: материализация символа . . .</b>	<b>195</b>
Сигнальный знак . . . . .	197
Информация как сообщение. . . . .	204
Бит — информационный символ. . . . .	208
Вычислительные машины . . . . .	213
Цифровая революция . . . . .	224
Квантовый бит . . . . .	228
Квантовая теория информации. . . . .	234
Стивен Хокинг: искусственный интеллект уничтожит человека . . . . .	242
<b>Вместо послесловия:</b>	
<b>три сюжета для символических рассказов. . .</b>	<b>247</b>
Первый сюжет для небольшого рассказа: эгоистический бит . . . . .	249
Второй сюжет для небольшого рассказа: Ку-бит . . . . .	251
Третий сюжет для небольшого рассказа: Хо-бит. . . . .	253

Михаил Ахманов	<b>ПРОСТО АРИФМЕТИКА</b>
Александр Альбов	<b>ОТ АБАКА ДО КУБИТА</b>
Александр Альбов	<b>КВАНТОВАЯ КРИПТОГРАФИЯ</b>
Николай Романецкий	<b>ПРОСТО ИГРА</b>
Валентин Холмогоров	<b>ПРОСТО КОПИРАЙТИНГ</b>
Валентин Холмогоров	<b>ПРО ВИРУСЫ</b>
Виктор де Касто	<b>ПРОСТО КРИПТОГРАФИЯ</b>
Виктор де Касто	<b>ПРО АНТИМАТЕРИЮ</b>
Виктор де Касто	<b>ПРО ТЕМНУЮ МАТЕРИЮ</b>
Сергей Деменок	<b>ПРОСТО СИМВОЛ</b>
Сергей Деменок	<b>ПРОСТО ХАОС</b>
Сергей Деменок	<b>ДИНАМИЧЕСКИЙ ХАОС</b>
Сергей Деменок	<b>ПРОСТО ФРАКТАЛ</b>
Сергей Деменок	<b>СУПЕРФРАКТАЛ</b>
Сборник статей	<b>АРТ-ФРАКТАЛ</b>
Ханс Энценсбергер	<b>ДУХ ЧИСЛА</b>
Виктор де Касто	<b>ЗОЛОТОЙ СТАНДАРТ</b>
Михаил Игнатьев	<b>ПРОСТО КИБЕРНЕТИКА</b>
Дью Аккерлей	<b>ОНИ ВНУТРИ НАС</b>
Олег Фейгин	<b>УДИВИТЕЛЬНАЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ</b>
Олег Фейгин	<b>ПРОСТО ЭЛЕКТРИЧЕСТВО</b>
Олег Фейгин	<b>ПРО КВАНТОВЫЕ ЧУДЕСА</b>
Ал Гудзон	<b>ПРОСТО ХИМИЯ АРОМАТА</b>
Ральф Винслоу	<b>ПРО БОТАНИКУ</b>

# ИЗДАТЕЛЬСТВО «СТРАТА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ ЦИКЛ ИЗДАНИЙ О СИМВОЛАХ



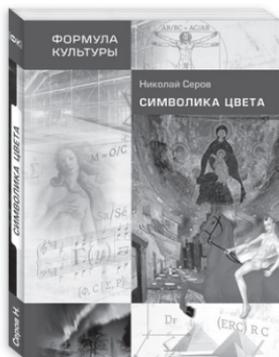
О природе  
и эволюции символов



О причастности  
символического глубинам  
физической реальности



О возникновении  
новой символической  
матери



О семантике цвета  
в мировой  
культуре



О становлении  
математических  
символов

Деменок Сергей Леонидович  
**ПРОСТО СИМВОЛ**

Научно-популярное издание

*Верстка* Сергей Мороз  
*Корректурa* Ольга Смирнова  
*Иллюстрации* Максим Ляпунов

Настоящее издание не имеет возрастных ограничений, предусмотренных Федеральным законом РФ «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию» (№ 436-ФЗ).  
Охраняется законом РФ об авторском праве.

Издательство «Страта»  
195112, Санкт-Петербург, Заневский пр., 65, корпус 5  
Тел.: +7 (812) 320-56-50, 320-69-60  
[www.strata.spb.ru](http://www.strata.spb.ru)

Подписано в печать 29.01.2018  
Доп. тираж 100 экз.

*«Некоторые вещи — это просто вещи, а некоторые в то же время являются еще и знаками... Среди этих знаков есть просто сигналы, есть пометы и атрибуты, а есть символы».*  
Святой Августин

*«Мы не только полагаем, что есть такая вещь, как символ, но и полагаем, что символ есть вещь, а не условие рассмотрения или правило описани».*

Мераб Мамардашвили

*«Порядок знаков подобен порядку вещей».*

Мишель Пастуро

В ваших руках совершенно новый формат издания: **BitBook** — бумажная книга с виртуальной начинкой. У книги BitBook есть собственное пространство в цифровой среде. Мы внедрили **QR-коды** в контент BitBook. Теперь можно перейти на страницу сайта fractal-chaos.ru, где размещены цветные иллюстрации, видео, программы, игры, дополнительная информация, связанная с книгой, ссылки на web-ресурсы и возможности для получения эксклюзивных данных. Все виртуальные материалы, сопровождающие издания BitBook, возникнут на экране вашего смартфона или планшета, как только вы считаете QR-код.

*«Если человек определяет ситуацию как реальную, она — реальна по своим последствиям».*

Уильям Айзек Томас

*«Символическая структура есть факт реальности. Фиксация этого факта есть признак сознания. Реальность без символов — это как искусство без иллюзий».*

Виктор де Касто

*«Символическая по своей сути информация всегда физична».*

Рольф Ландауэр

*«Элементарный символ стоит в одном ряду с элементарной частицей вещества и элементарным квантом действия».*



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«СТРІТІС»

