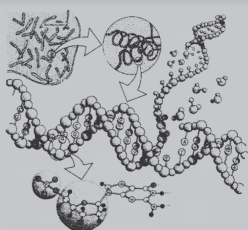
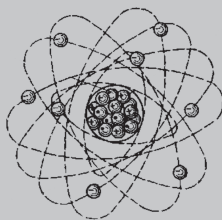


Нассим Талеб
Джаред Даймонд
Ричард Докинз
Фримен Дайсон и др.

ТЕОРИИ ВСЕГО НА СВЕТЕ



Под
редакцией
Джона
Брокмана



7 0067	O Кислород	8 15,9994	F Фтор	9 18,9984
15 0738	S Сера	16 32,064	Cl Хлор	17 35,453
V Ванний	24 51,996	Cr Хром	25 54,9380	Mn Марганец
33 0216	Se Селен	34 78,96	Br Бром	35 79,904
Nb Нибий	42 95,94	Mo Молибден	43 [99]	Tc Технеций
51 1,75	Te Теллур	52 127,60	I Иод	53 126,9044

 **Лаборатория
ЗНАНИЙ**



U N I V E R S U M

*О науке, ее прошлом и настоящем,
о великих открытиях, борьбе идей
и судьбах тех, кто посвятил свою
жизнь поиску научной Истины*

This Explains Everything

Deep, Beautiful, and Elegant Theories
of How the World Works

Edited by John Brockman

Нассим Талеб, Джаред Даймонд,
Ричард Докинз, Фримен Дайсон и др.

ТЕОРИИ ВСЕГО НА СВЕТЕ

Под ред. Джона Брокмана

4-е издание



Москва
Лаборатория знаний

УДК 93/94
ББК 1
Т33

Серия основана в 2013 г.

Ведущий редактор серии Ирина Опимах
Перевод с английского
Николая Майсурия и Алексея Капанадзе

Теории всего на свете / под ред. Д. Брокмана ;
Т33 пер. с англ. Н. Майсурия и А. Капанадзе. — 4-е изд. —
М. : Лаборатория знаний, 2019. — 400 с. : ил. —
(Universum).

ISBN 978-5-00101-212-2

«Напишите о вашем самом любимом, самом интересном, глубоко и изящно объяснении», — попросил издатель и писатель Джон Брокман известнейших ученых всего мира, работающих в разных областях науки, а потом собрал полученные эссе в книгу, которую вы сейчас держите в руках. На ее страницах — рассказы о теориях, помогающих понять главные идеи физики и астрономии, экономики и психологии, биологии и многих других наук. Чтение это увлекательное, ведь среди авторов сборника — Джаред Даймонд, Нассим Талеб, Стивен Пинкер, Мэтт Ридли, Ричард Докинз и другие выдающиеся умы современности.

УДК 93/94
ББК 1

16+

Научно-популярное издание

Серия: «Universum»

ТЕОРИИ ВСЕГО НА СВЕТЕ

Ведущий редактор *И. В. Опимах*

Художник *В. А. Прокудин*

Корректор *Е. Н. Клитина*

Компьютерная верстка: *С. А. Янковая, Е. Г. Ивлева*

Подписано в печать 26.02.19. Формат 60×90/16.

Усл. печ. л. 25,00. Заказ

Издательство «Лаборатория знаний»

125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3

Телефон: (499) 157-5272

e-mail: info@pilotLZ.ru, <http://www.pilotLZ.ru>

Copyright © 2013 by Edge Foundation, Inc.
All rights reserved.

© Перевод на русский язык,
оформление.

ISBN 978-5-00101-212-2

Лаборатория знаний, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Благодарности	5
Предисловие	6
<i>С. Блэкмор.</i> Эволюция путем естественного отбора	9
<i>М. Ридли.</i> Жизнь — это дискретный код	11
<i>Р. Докинз.</i> Снижение избыточности и распознавание образов	13
<i>С. Этран.</i> Сила абсурда	17
<i>К. Ровелли.</i> Как может возникнуть кажущаяся завершенность	21
<i>О. Грей.</i> Просроченная кончина моногамии	23
<i>Л. Сасскинд.</i> Объяснение второго начала термодинамики Больцманом	27
<i>Дж. Голд.</i> Темная материя сознания	30
<i>А. Элда.</i> «И в небе, и в земле сокрыто больше, чем снится вашей мудрости...»	32
<i>Дж. О’Доннелл.</i> Вселенная Птолемея	33
<i>П. Стейнхардт.</i> Квазиэлегантность	35
<i>Ф. Вильчек.</i> Простота	38
<i>Т. Метцингер.</i> Простота сама по себе	41
<i>Ш. Кэрролл.</i> Объяснение Эйнштейна, почему гравитация универсальна	43
<i>С. Пинкер.</i> Эволюционная генетика и противоречия общественной жизни	45
<i>Д. Готтчелл.</i> Гипотеза Фаури–Раймонда	49
<i>Д. Майерс.</i> Групповая поляризация	53
<i>А. Леруа.</i> Уравнение Прайса	55
<i>Г. Гигеренцер.</i> Бессознательные умозаключения	58
<i>М. Рис.</i> Снежинки и множественная вселенная	61
<i>А. Цайлингер.</i> Фотоны Эйнштейна	63
<i>Д. Бернштейн.</i> О малом	66

<i>А. Линде.</i> Почему наш мир познаваем?	67
<i>Д. Дайсон.</i> Космос Альфвена	71
<i>М. Тегмарк.</i> Наша Вселенная растет, как ребенок	72
<i>Д. Сегре.</i> Кеплер и др. и несуществующая проблема	76
<i>Ф. Дайсон.</i> Как могут сосуществовать несовместимые мировоззрения	78
<i>С. Дас.</i> Невероятная неопределенность.	80
<i>Х. Харари.</i> Новый уровень фундаментальной материи?	83
<i>Р. Провайн.</i> Наблюдатели наблюдают	86
<i>В. Рамачандран.</i> Гены, клауструм и сознание	88
<i>Д. Иглмен.</i> Перекрывающиеся решения	92
<i>М. Банаджи.</i> Наша ограниченная рациональность	95
<i>Р. Саполски.</i> Роевой интеллект	97
<i>К. Девлин.</i> Язык и естественный отбор.	100
<i>Р. Талер.</i> Обязательство	103
<i>Дж. Джекет.</i> Ты — мне, я — тебе	105
<i>Дж. Харрис.</i> Правда или ложь: красота — это правда	107
<i>Д. Спербер.</i> Эратосфен и модулярная психика	109
<i>К. Ширки.</i> Объяснение культуры Дэна Спербера.	112
<i>Н. Хамфри.</i> Почему человеческому разуму можно дать элегантное объяснение, даже если его не существует	116
<i>К. Хэнд.</i> О безопасности океанов и аэропортов.	119
<i>П. Саффо.</i> Тектоника плит элегантно обосновывает дрейф материков	121
<i>Д. Деннетт.</i> Почему некоторые морские черепахи мигрируют	123
<i>К. Циммер.</i> Горячая молодая Земля: бесспорно красиво и совершенно неверно	125
<i>Д. Басс.</i> Теория сексуальных конфликтов	128
<i>Д. Пизарро.</i> Истоки исторического превосходства.	130
<i>Х. Гарднер.</i> Роль личности в истории	131
<i>А. Крейе.</i> Субъективная среда.	133
<i>Р. Буссо.</i> Мое любимое неприятное элегантное объяснение: квантовая теория	135
<i>Э. Вайнштейн.</i> Месть Эйнштейна: новый геометрический квант.	138

<i>Д. УИНТЕР. Который час?</i>	141
<i>Т. ЛОМБРОЗО. Реализм и другие метафизические полуправды</i>	142
<i>С. САММЕР. На помощь!</i>	145
<i>Х. КРОНИН. В начале была теория</i>	150
<i>П. БЛУМ. Томпсон о развитии</i>	154
<i>Дж. МАКУОРТЕР. Как пройти путь от омара до кота?</i>	156
<i>Г. КОХРЕЙН. Микробы — причина болезней</i>	159
<i>Э. ЛИ. Информация — преодоление неопределенности</i>	161
<i>П. МАЙЕРС. Всё таково, потому что так сложилось</i>	165
<i>Д. КРИСТИАН. Идея о возникновении</i>	167
<i>Д. САССЕЛОВ. Системы отсчета</i>	170
<i>Э. ФИШЕР. Эпигенетика — недостающее звено</i>	172
<i>Дж. НОУТОН. Как птицы собираются в стаю</i>	177
<i>Б. СМИТ. Лимоны — штука быстрая</i>	178
<i>Дж. ТУБИ. Падение в нужное место: энтропия и отчаянная изобретательность жизни</i>	181
<i>П. АТКИНС. Почему всё происходит</i>	186
<i>Э. ДАНН. Почему мы опасаемся, что нам не хватит времени</i>	188
<i>Б. КОСКО. Почему Солнце до сих пор светит</i>	191
<i>Ч. СИМОНИЙ. Межатомные взаимодействия по Бошковичу</i>	193
<i>Г. ПОЛ. Птицы — прямые потомки динозавров</i>	196
<i>Б. ХУД. Сложность из простоты</i>	199
<i>Э. ГРЕЙЛИНГ. Расселова теория описаний</i>	201
<i>Т. ХАННЕЙ. Фейнмановский спасатель</i>	203
<i>Б. ИНО. Границы интуиции</i>	206
<i>Л. РЭНДАЛЛ. Механизм Хиггса</i>	208
<i>С. ШНОЛЛ. Сознание мыслит воплощенными метафорами</i>	211
<i>Б. БЕРГЕН. Метафоры содержатся в сознании</i>	215
<i>Дж. КЛЕЙНБЕРГ. Принцип голубей и ящиков</i>	219
<i>Ч. СЕЙФЕ. Еще кое-что о принципе голубей и ящиков</i>	223
<i>М. ХЁРСТ. Почему в программах встречаются баги</i>	226
<i>Х.-У. ОБРИСТ. Узоры в честь Кейджа</i>	228

<i>С. Ллойд. Истинная вращательная симметрия пространства</i>	231
<i>Р. Брукс. Закон Мура</i>	234
<i>Дж. Мазер. Космическая сложность</i>	236
<i>С. Сэмпсон. Гипотеза Геи</i>	240
<i>Л. Смит. Уравнения непрерывности</i>	244
<i>Т. О'Рейли. Пари Паскаля</i>	248
<i>С. Раза. Эволюционно стабильные стратегии</i>	251
<i>Е. Морозов. Дилемма Коллинриджа</i>	254
<i>Б. Паркер. Всё так, как оно есть, и всё?</i>	255
<i>П. Бейтсон. Подрывая основы биологии</i>	259
<i>С. Барон-Коэн. Ткнуть пальцем в гендерные различия</i>	262
<i>Э. Смит. Почему движутся движущиеся картинки?</i>	266
<i>А.-Л. Барабаш. Сочетается ли это с голубым сыром, как по-вашему?</i>	270
<i>С. Пимм. Законы Матери-Природы</i>	274
<i>К. Саббах. Пирамида Окло</i>	278
<i>А. Алтер. Китти Дженовезе и групповая апатия</i>	281
<i>Дж. Смолберг. Волшебник по имени Я</i>	283
<i>А. Андерсон. Глубокое время</i>	285
<i>Э. Кэндел. Как подвести научную базу под психотерапию: пять простых уроков</i>	287
<i>Ш. Тёркл. Переходные объекты</i>	291
<i>Р. Нессе. Естественный отбор — вещь простая, но системы, которые он формирует, невообразимо сложны</i>	294
<i>М. Кинсбурн. Откуда берутся хорошие идеи</i>	298
<i>Н. Кристакис. Детский вопрос</i>	300
<i>Ф. Кэмпбелл. Красота восхода</i>	303
<i>Д. Эванс. Происхождение денег</i>	307
<i>Д. Рушкофф. Прецессия симулякров</i>	310
<i>Ф. Зимбардо. Теория перспективы времени</i>	313
<i>Э. Гоупник. Тяготы переходного возраста объясняются временными особенностями развития</i>	316
<i>С. Косслин, Р. Розенберг. Великое открытие Ивана Павлова и его следствия</i>	320
<i>Т. Сейновски. Природа умнее нас</i>	324

<i>М. НОРТОН.</i> Насаждая случайность	328
<i>Л. КРАУСС.</i> Объединение электричества и магнетизма	330
<i>Н. ГЕРШЕНФЕЛЬД.</i> Пушистые резиновые ленты	333
<i>Л. СМОЛИН.</i> Принцип инерции	335
<i>Э. ТОПОЛ.</i> Видеть — значит верить: от плацебо до фильмов в нашем мозгу	339
<i>Дж. ХОЛТОН.</i> Прерывистость науки и культуры	341
<i>Н. ТАЛЕВ.</i> Гормезис — это избыточность	343
<i>Р. КУРЗБАН.</i> Прекрасный закон непредвиденных последствий	347
<i>Т. УИЛСОН.</i> Мы — то, что мы делаем	351
<i>С. БАРОНДЕС.</i> Личностные различия: важность фактора случайности	353
<i>Б. ГОЛОМБ.</i> Метаболический синдром: клеточная энергетика адаптируется к жизни в токсичном мире?	356
<i>Д. ГЕЛЕРНТЕР.</i> Счетные бесконечные множества и состояния сознания	362
<i>Р. РЮКЕР.</i> Обратные степенные законы	364
<i>С. ЭВБСМАН.</i> Откуда у леопарда пятна	367
<i>С. ДЕХАН.</i> Универсальный алгоритм принятия человеком решений	369
<i>М. ЧИКСЕНТМИХАЙИ.</i> Об одном изречении лорда Актона . . .	373
<i>В. СТОДДЕН.</i> Факт и выдумка в нашем вероятностном мире	374
<i>Г. ОРИГГИ.</i> Универсальная машина Тьюринга	378
<i>Р. ФОРМАН.</i> Вопрос поэтики	380
<i>Дж. ДАЙМОНД.</i> Происхождение биологического электричества	382
<i>Т. ТЕЙЛОР.</i> Почему древние греки изображали красные фигурки на черных горшках	385
<i>Э. КЛАРК.</i> Язык как адаптивная система	388
<i>Н. КАРР.</i> Механизм посредственности	390
<i>М. ШЕРМЕР.</i> Принцип эмпиризма, или Смотрите сами . . .	392
<i>К. КЕЛЛИ.</i> Мы — звездная пыль	395

БЛАГОДАРНОСТИ

Благодарю за поддержку Питера Хаббарда из издательства *HarperCollins*. Я также признателен моему агенту, Максу Брокману, разглядевшему потенциал этой книги, и Саре Липпинкотт за ее вдумчивую и кропотливую редактуру.

ПРЕДИСЛОВИЕ

ЕЖЕГОДНЫЙ ВОПРОС *EDGE*

В 1981 году я основал *Reality Club*¹. Где только не проходили собрания клуба — в китайских ресторанах, в мастерских художников, в залах заседания совета директоров различных инвестиционных банков, в танцевальных залах, музеях, гостиницах и прочих местах. *Reality Club* не походил на Алгонкинский круглый стол² или Блумсберийский кружок³, но предлагал интеллектуальные приключения того же сорта. Возможно, ближайшим подобием служит Лунное общество Бирмингема конца XVIII – начала XIX веков — собрание ведущих деятелей культуры новой индустриальной эпохи Джеймса Уатта, Эразма Дарвина, Джозайи Веджвуда, Джозефа Пристли, Бенджамина Франклина. В том же духе *Reality Club* попытался объединить людей, занимающихся проблемами постиндустриальной эпохи.

В 1997 году *Reality Club*, преобразованный в *Edge*⁴, вышел в Интернет. Идеи, выдвигаемые *Edge*, порой весьма спекулятивны. Они отражают сегодняшние пограничные знания в таких областях, как эволюционная биология, генетика, компьютерная технология, нейрофизиология, психология, космология и физика. Из этих составляющих складывается новая натурфилософия, новые пути постижения материального мира, новые способы мышления, кото-

¹ Клуб реальности (англ.).

² В конце 1910-х — 1920-х гг. группа писателей, журналистов, критиков и актеров, регулярно обедавших вместе в нью-йоркском отеле «Алгонкин». Шутки и каламбуры участников круглого стола приобрели широкую известность благодаря газетам, в которых они сотрудничали. — *Прим. перев.*

³ В 1920-х—1930-х гг. влиятельная группа выпускников Кембриджского университета — писателей, художников и ученых, регулярно собиравшаяся в лондонском районе Блумсбери. — *Прим. перев.*

⁴ Край, грань, острое (англ.).

рые подвергают сомнению множество наших основополагающих представлений.

Каждый год стойкие приверженцы *Edge* (а это Стюарт Брэнд, Кевин Келли, Джордж Дайсон и я) собираются вместе, чтобы подготовить для очередного издания *Edge* вопрос, — обычно он приходит на ум одному из нас или наших корреспондентов посреди ночи. Придумать его не просто. (Покойный Джеймс Ли Байерс, мой друг и время от времени, соавтор, как-то заметил: «Я мог бы ответить на вопрос, но хватит ли у меня ума, чтобы его задать?») Мы подыскиваем вопрос, на который можем получить непредсказуемые ответы, заставив людей поразмышлять над тем, о чем они обычно не задумываются. За вопрос этого года мы выражаем признательность Стивену Пинкеру.

Наверное, самое глубокое удовлетворение в науке приносят теории, которые дают неожиданное решение какой-нибудь запутанной головоломки с помощью нескольких простых правил. Такие объяснения называют «красивыми» или «элегантными». В качестве исторических примеров можно привести описание сложного движения планет в виде простых овалов, придуманное Иоганном Кеплером; истолкование Периодической системы Менделеева посредством электронных оболочек, данное Нильсом Бором, и объяснение генетической репликации с помощью двойной спирали ДНК, предложенное Джеймсом Уотсоном и Френсисом Криком. Знаменитое высказывание выдающегося физика-теоретика П. А. М. Дирака по этому поводу гласит: «Главное — красота уравнений, а не их соответствие экспериментам».

ВОПРОС *EDGE* 2012: КАКОЕ ОБЪЯСНЕНИЕ ВЫ СЧИТАЕТЕ САМЫМ ГЛУБОКИМ, ЭЛЕГАНТНЫМ ИЛИ КРАСИВЫМ?

В этом году веб-сайт *Edge* (<http://edge.org/annual-question/>) получил множество откликов — около 200 провокационных (и часто многословных) рассуждений, которые подверглись неизбежному редакционному отбору. В результате представленные здесь статьи, в соответствии

с духом *Edge*, охватывают самый широкий круг научных вопросов, дающий представление обо всем на свете. Тут и философия, и математика, экономика, история, лингвистика и поведение человека. Связующей нитью служит то, что простая и неочевидная идея предлагается в качестве объяснения разнообразной и трудной для понимания совокупности явлений.

Джон Брокман,
издатель и редактор *Edge*

ЭВОЛЮЦИЯ ПУТЕМ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА

СЬЮЗАН БЛЭКМОР

Психолог; автор книги *Consciousness. An Introduction*
(«Сознание. Введение»)

Конечно, это теория Дарвина. Никакое другое объяснение не выдерживает сравнения. Эволюция путем естественного отбора (на самом деле любого отбора — естественного или искусственного) предлагает наиболее красивую и элегантную из всех научных теорий. Этот несложный трехступенчатый алгоритм объясняет, почему мы живем в таком сложно организованном мире. Он открывает причины существования не только нас самих, но и деревьев, котят, языка урду, Банка Англии, футбольного клуба «Челси» и айфона. Вы можете поинтересоваться — если это объяснение столь простое и убедительное, то почему до него никто не додумался прежде Чарлза Дарвина и Альфреда Рассела Уоллеса и почему даже сегодня многие люди не в состоянии его усвоить? Причина, я думаю, в том, что в его основе — тавтология. Создается впечатление, что, когда вы говорите: «выживают те, кто выживает» или «успешные замыслы успешны», ваши слова не несут никакой информации. Чтобы придать этим тавтологиям убедительность, нужно добавить контекст — ограниченный постоянно меняющийся мир, в котором существует конкуренция с переменными правилами и выживают не все.

В таких условиях успех мимолетен, а трехступенчатый алгоритм превращает тавтологию в глубокое и элегантное объяснение. Многократно скопируйте с небольшими отклонениями оставшихся в живых и выпустите их в наш изменчивый мир, и только те, кто приспособится к новым условиям, продолжат существование. Мир, наполненный живыми существами, идеями, учреждениями, языками, историями, программным обеспечением и машинами, целиком был создан благодаря конкурентной борьбе.

Эту красивую идею *сложно* уловить, и я знала многих университетских студентов, которые изучали теорию эволюции в школе и полагали, что усвоили ее, но на самом деле ничего в ней не поняли. Мне как преподавателю радостно было видеть удивленные выражения лиц у студентов, когда они неожиданно ухватывали суть. Это было настоящим счастьем и еще по одной причине. Когда я гляжу поверх компьютера в окно — на мост над рекой, на деревья, стадо коров вдалеке — я, в отличие от некоторых религиозных людей, восхищаюсь простым и изящным соревновательным процессом, который вызвал их всех к существованию и предоставил мне среди них мое собственное скромное место.

ЖИЗНЬ — ЭТО ДИСКРЕТНЫЙ КОД

МЭТТ РИДЛИ

Ученый и писатель, основатель и председатель
Международного центра жизни; автор книги
Rational Optimist («Рациональный оптимист»)

Сейчас трудно представить, какой непостижимой казалась жизнь утром 28 февраля 1953 года и насколько все перевернулось к обеду. Вспомните все предыдущие ответы на вопрос «Что такое жизнь?», и вы ощутите, до какой степени мы как вид были беспомощны. Жизнь состоит из своеобразных сложных трехмерных объектов (преимущественно белковых) и аккуратно копирует сама себя. Но как? Каким образом сделать копию трехмерного объекта? Как вырастить ее и развить в предсказуемом направлении? Никто тогда даже близко не подошел к разгадке этой научной тайны. Правда, Эрвин Шрёдингер предпринял такую попытку, но вскоре вернулся к квантовой физике, которая к делу отношения не имела. Да, он использовал выражение «апериодический кристалл», и если быть великодушным, то можно увидеть в этом предсказание линейного кода, но я полагаю, что это избыточная щедрость.

На самом деле, проблема жизни стала еще более трудноразрешимой с пониманием ключевой роли ДНК, потому что ДНК устроена просто и однообразно. До 28 февраля 1953 года все объяснения сущности жизни оставались пустой болтовней — с таким же успехом можно было рассуждать о «живом веществе» или «искре Божьей». Затем появилась двойная спираль и мгновенное понимание того, что пару недель спустя в письме к сыну Фрэнсис Крик назвал «в некотором роде кодом» — дискретным, линейным, двумерным, комбинаторно разнообразным и самовоспроизводящимся. В этом и заключалось необходимое объяснение. Вот отрывок из того письма Крика, написанного сыну 17 марта 1953 года.

Мой дорогой Майкл,

Джим Уотсон и я сделали, возможно, важнейшее открытие... Теперь мы уверены, что ДНК — это код. Так, последовательность оснований («букв») делает один ген непохожим на другой (так же, как отличаются одна от другой страницы печатного текста). Ты можешь представить себе, как Природа делает копии генов: если две цепи расплести на две отдельные цепи, и каждая цепь присоединит еще одну цепь, то А всегда будет с Т, а Г — с Ц, и мы получим две копии вместо одной. Другими словами, мы думаем, что нашли основополагающий механизм, с помощью которого жизнь возникает из жизни... Можешь понять, как мы взволнованы.

Никогда еще загадка не казалась такой неразрешимой утром, а ответ — таким очевидным после полудня.

СНИЖЕНИЕ ИЗБЫТОЧНОСТИ И РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ

РИЧАРД ДОКИНЗ

Эволюционный биолог, философ, заслуженный профессор популяризации науки Оксфордского университета; автор множества научно-популярных книг, среди них *The Magic of Reality* («Магия реальности»)

Глубокая, красивая и элегантная теория? Одно из качеств, присущих элегантной теории, состоит в том, что, предполагая мало, она объясняет много. И тут естественный отбор Дарвина — вне конкуренции. Соотношение великого множества вещей, которые он объясняет (все о жизни: сложность, разнообразие и иллюзорная продуманность замысла), и того небольшого, что он вынужден постулировать (неслучайное сохранение случайно изменяющихся генов в течение геологической истории Земли), весьма значительно. Никогда еще такое количество фактов не получало истолкования при столь минимальных допущениях. Элегантная и к тому же глубокая теория, глубина которой была скрыта от всех долгое время — до конца XIX века. В то же время, на вкус некоторых, естественный отбор слишком разрушителен, расточителен и жесток, чтобы считать его красивым. Надеюсь, кто-нибудь другой из моих коллег обязательно выберет Дарвина, я же возьму его правнука, а к Дарвину вернусь в самом конце.

Хорас Барлоу — член Королевского общества, младший внук сэра Хораса Дарвина, младшего сына Чарлза Дарвина. Очень активный в свои 90 с лишним лет, Барлоу — представитель знаменитой кембриджской династии нейробиологов. В 1961 году он опубликовал две статьи, посвященные идее снижения избыточности и распознавания образов. Следствия и значение этой идеи вдохновляли меня в течение всей моей научной карьеры.

В фольклоре нейробиологов есть этакий мифический «бабушкин нейрон», который возбуждается, только если

очень специфический образ — лицо бабушки Джерри Леттвина — попадет на сетчатку глаза (Леттвин — выдающийся американский нейробиолог, как и Барлоу, изучавший сетчатку лягушки). Дело в том, что бабушка Леттвина — лишь один из бесчисленных образов, распознаваемых мозгом. Если бы существовали специальные нейроны для всего, что мы можем опознать, — не только бабушку Леттвина, но и множество других лиц, объектов, букв алфавита, цветов, каждый из которых мы видим под разными углами на различном расстоянии, — у нас случился бы комбинаторный взрыв. Если бы чувственное восприятие работало по принципу «бабушки», количество специфических нейронов для всех возможных комбинаций нервных импульсов превысило бы число атомов во Вселенной. Американский физиолог Фред Эттнив подсчитал, что объем мозга в этом случае измерялся бы кубическими световыми годами. В качестве альтернативы Барлоу и Эттнив независимо предложили механизм *снижения избыточности*.

Термин «избыточность» в качестве своего рода обратной стороны информации пустил в обращение Клод Шеннон, основатель теории информации. В английском языке за буквой «q» всегда следует буква «u», поэтому «u» можно опустить без потери информации — эта буква избыточна. Когда избыточность присутствует в сообщении (что всегда происходит при наличии элемента неслучайности), оно может быть записано более экономно без потери информации, хотя и с некоторым снижением возможности исправления ошибок. Барлоу предположил, что на каждом этапе сенсорных путей существуют механизмы, предназначенные для устранения избыточности.

Мир в момент времени t незначительно отличается от мира в момент времени $t-1$. Поэтому сенсорным системам не обязательно постоянно оповещать мозг о состоянии мира. Они реагируют только на изменения сигналов, позволяя мозгу допускать, что все, о чем не сообщалось, остается по-прежнему. Сенсорная адаптация — хорошо известная функция сенсорных систем, которая действует в точности так, как предсказал Барлоу. Если нейрон сигнализирует, например, о температуре, то уровень его возбуждения, как можно наивно предположить, не пропорционален темпе-

ратуре. Возбуждение увеличивается только с изменением температуры, а затем угасает до низкого уровня покоя. То же самое справедливо для нейронов, сигнализирующих о яркости, громкости, давлении и т. д. Сенсорная адаптация позволяет достичь значительной экономии, используя неслучайность временной последовательности состояний мира.

Задачу, которую сенсорная адаптация решает во временной области, хорошо изученное явление латерального торможения осуществляет в пространственной. Если происходящее в мире событие попадает на пиксельный экран, такой как обратная сторона цифрового фотоаппарата или сетчатка глаза, большинство пикселей выглядит так же, как и их непосредственные соседи. Исключение составляют пиксели, находящиеся у границ, по краям экрана. Если каждая клетка сетчатки добросовестно передаст значение своего светового потока мозгу, он будет бомбардирован крайне избыточной информацией. Можно значительно сэкономить, если большинство импульсов, достигающих мозга, будет поступать от пикселей, лежащих по краям экрана. Мозг возьмет на себя заполнение однообразного пространства между ними.

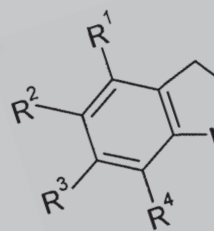
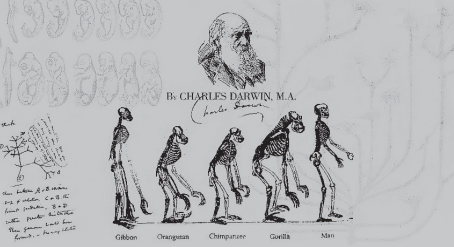
Как отмечал Барлоу, именно этого и добивается латеральное торможение. В сетчатке лягушки, например, каждая ганглионарная клетка посылает сигнал в мозг, сообщая об интенсивности света в определенном месте на поверхности сетчатки. Но одновременно она направляет тормозящие сигналы своим непосредственным соседям. Это означает, что единственные ганглионарные клетки, посылающие мощные сигналы в мозг, находятся по краям. Ганглионарные клетки, расположенные в единообразных по цвету областях (таких большинство), направляют мало сигналов в мозг — если вообще направляют, — потому что они, в отличие от пограничных клеток, подавляются всеми своими соседями. Пространственная избыточность сигнала устраняется.

Выводы Барлоу можно распространить на большую часть знаний сенсорной нейробиологии, включая знаменитые нейроны-детекторы горизонтальных и вертикальных линий у кошек, обнаруженные Хьюбелом и Визелом (пря-

мые линии избыточны и могут реконструироваться по их концам), и детекторы движения в сетчатке лягушки, открытые тем самым Джерри Леттвином с коллегами. Движение представляет собой неизбежное изменение в мире лягушки. Но даже движение становится избыточным, если продолжается в одном направлении с одинаковой скоростью. Как и следовало ожидать, Леттвин и его коллеги обнаружили нейрон «странности» в своих лягушках, который возбуждается, если движущийся объект делает что-то неожиданное — ускоряется, замедляется или меняет направление. Нейрон «странности» предназначен для того, чтобы отсеивать избыточность очень высокого порядка.

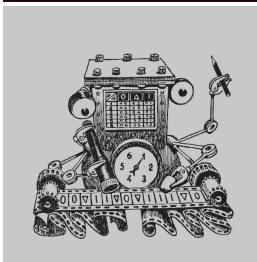
Барлоу указывал, что исследование сенсорных фильтров данного животного теоретически позволит нам получить сведения об избыточности, существующей в животном мире. Можно будет составить своего рода описание статистических особенностей этого мира. А вот теперь я, как и обещал, вернусь к Дарвину. В книге *Unweaving Rainbow* («Расплетая радугу») я предположил, что генетический фонд видов представляет собой «генетическую книгу мертвых» — закодированное описание предшествующих миров, в которых гены этих видов выживали в течение геологической истории Земли. Естественный отбор — это своего рода усредняющий компьютер, который обнаруживает избыточность (повторяющиеся образцы) в следующих друг за другом мирах (следующих через миллионы поколений), где виды выживали (усредненные по представителям всех видов, размножающихся половым способом). Может быть, мы могли бы использовать то, что сделал Барлоу для нейронов, в сенсорных системах, и применить для аналогичного анализа генов в генетических фондах, прошедших естественный отбор? Это было бы глубоко, элегантно и красиво.

[. . .]



UNIVERSUM

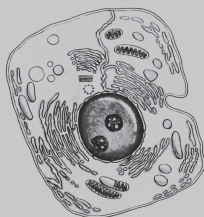
О науке и ее творцах –
самое интересное и невероятное



© Tobias Everke

Джон Брокман

Более ста ведущих интеллектуалов современности — и среди них *Нассим Талеб, Ричард Докинз, Джаред Даймонд, Фримен Дайсон* и многие другие — по просьбе известного издателя *Джона Брокмана* в коротких эссе рассказывают о своих любимых научных теориях. Тут и эволюция, и природа сознания, и законы мышления, а еще — квантовая физика, Большой взрыв, будущее человечества и всей нашей Вселенной... Какие-то из этих теорий бесспорны, а какие-то вызывают сегодня жаркие дискуссии. И все они о главном — о том, *как устроен наш мир.*



Li Литий	3 6,939	Be Бериллий	4 9,0122	B Бор	10,81
Na Натрий	11 22,9898	Mg Магний	12 24,305	Al Алюминий	26,981
K Калий	19 39,102	Ca Кальций	20 40,08	Zn Цинк	65,37
Rb Рубидий	37 85,47	Sr Стронций	38 87,62	Ga Галлий	69,7
Ag Серебро	47 107,868	Cd Кадмий	48 112,40	In Индий	114,8