



Маркус Чаун

СТРАННЫЕ ВОПРОСЫ О ВСЕЛЕННОЙ

или Как сделать Солнце
из бананового пюре

Удивительная Вселенная

Маркус Чаун

**Странные вопросы о
Вселенной, или Как сделать
Солнце из бананового пюре**

«Издательство АСТ»

2018

УДК 001
ББК 72

Чаун М.

Странные вопросы о Вселенной, или Как сделать Солнце
из бананового пюре / М. Чаун — «Издательство АСТ»,
2018 — (Удивительная Вселенная)

ISBN 978-5-17-111401-5

В нашем мире много феноменов, которые кажутся абсолютно логичными. Более того, за последний век в науке случилось множество прорывов, которые помогли нам лучше понять себя, нашу планету и Вселенную. Но наши вылазки за пределы земной атмосферы, более пристальное знакомство с квантовыми явлениями и скачок в развитии технологий также указали на то, что мир куда более странен, чем мы предполагали. Маркус Чаун, британский популяризатор науки и автор бестселлеров, раскрывает тайну самых важных научных фактов о нас, земной реальности и космосе. Фактов, с которыми мы сталкиваемся в повседневной жизни и которые устанавливают ее порядок, тем не менее оставаясь для нас совсем не очевидными. Знаете ли вы, что все человечество может поместиться в кусочке сахара? Или что электрической энергии единственного комара достаточно, чтобы спровоцировать массовое вымирание? Или что далеко в космосе прячется бесконечное количество ваших копий, читающих бесконечное количество копий этой книги? И в конце концов, что Солнце вполне могло бы быть отлито из бананового пюре? В формате PDF A4 сохранен издательский макет.

УДК 001
ББК 72

ISBN 978-5-17-111401-5

© Чаун М., 2018

© Издательство АСТ, 2018

Содержание

Предисловие	7
Часть первая	9
1. Связующая нить	9
2. Поймай меня, если сможешь	12
3. Фокус с кислородом	14
4. Перестройка за семь лет	19
5. Пришельцы внутри нас	21
6. Незаменимый мозг	23
Конец ознакомительного фрагмента.	24

Маркус Чаун
Странные вопросы о Вселенной, или
Как сделать Солнце из бананового пюре

*Аллисон, Колин, Роузи, Тиму и Орnelle посвящается.
С любовью, Маркус*

Предисловие

Нет ничего настолько чудесного, чтобы оно не оказалось истинным.

Майкл Фарадей

Когда комикам предоставляют слово на публичных выступлениях, они понимают, что слушатели ждут от них шуток. Когда объявляют о выступлении человека, который пишет научно-популярные книги, все ждет от него, что он начнет рассказывать о поразительных научных открытиях. Я так и делаю. Иногда.

Как я веду себя в подобных случаях? Я коротко рассказываю о каком-нибудь захватывающем факте. Что-нибудь такое, чтобы заинтриговать, заставить улыбнуться, но при этом вовремя остановиться, чтобы глаза слушателей не потускнели, а я нечаянно не показался бы занудой.

Я тренируюсь на своей жене, у которой нет естественнонаучного образования. Часто я задаю ей разные вопросы, при этом выбираю такое время, когда она смотрит телевизор. Например, я могу ее спросить:

– Знаешь ли ты, что электрон, который повернулся на триста шестьдесят градусов, будет не похож на себя прежнего?

Жена хмыкает, не отводя глаз от экрана.

– А как ты думаешь, хватит ли места в кусочке сахара, чтобы поместить в нем все человечество?

– Хватит уже! Могу я наконец досмотреть свою программу? Очень полезно обсуждать свои мысли с таким незаменимым собеседником.

Полезно иметь про запас такие шутки, когда вы готовите публичную речь – для интриги.

Я много езжу, чтобы рассказать о своих книгах. Конечно, невозможно подробно изложить содержание целого тома за 45 минут. Я выбираю из книги несколько интересных фактов и опираюсь на них, чтобы заинтересовать людей и рассказать им о достижениях науки и техники.

Моя писательская карьера началась с книги «Этот удивительный мир. Жизнь, Вселенная и всё-всё-всё в ореховой скорлупке». В ней я предполагал написать понемногу обо всем – что, конечно же, невозможно. Я затронул в книге разные вопросы: от финансов до термодинамики, от голографии до эволюции человека, от проблемы полов до поиска внеземных цивилизаций. Какие темы выбрать, а какие опустить? Я долго размышлял над этим. В конце концов решил остановиться на десяти самых удивительных фактах из нашей жизни.

Самое замечательное то, что я могу менять стиль изложения в ходе своих выступлений. Если я чувствую, что аудитория со скукой воспринимает один из выбранных мною сюжетов, в следующий раз я не говорю о нем, а рассказываю о чем-то новом, что может привлечь большее внимание. Иногда я ощущаю себя в некотором роде комиком-конферансье. Если шутка не сработала сегодня вечером, надо ее заменить на другую в завтрашнем выступлении.

Такой подход справедлив во всех случаях, и этим он замечателен. Я разработал приложение для айпада и назвал его так, как называется одна из моих книг: «Солнечная система». Рассказывая об этом приложении, я обычно упоминаю о десяти самых удивительных фактах, касающихся Солнечной системы.

Книга, которую вы держите в руках, – результат подобных выступлений перед слушателями. Я подумал: почему бы не собрать воедино самые невероятные научные факты, о которых я узнал за многие годы – те, о которых я уже писал, и те, что я пока обходил вниманием, – и с их помощью попытаться объяснить некоторые трудные для понимания и заставляющие задуматься об основах бытия научные истины?

Например, если из всех людей, живущих в мире, убрать пустоту, которая в них содержится, можно сжать все человечество до размеров одного кубика сахара-рафинада. Это с трудом укладывается в голове, но это именно так, и это прекрасная иллюстрация того, насколько «пуста» материя. Вы, я, да и каждый из нас, по сути, являемся призраками. Такая трактовка естественным образом подводит нас к квантовой теории, самой успешной, но и самой странной из всех физических теорий: она объясняет, почему атомы состоят преимущественно из пустоты. А если бы Солнце первоначально было сделано из бананового пюре? Его температура была бы точно такой же! Температура не зависит от того, что именно является источником энергии. А тот факт, что мы вообще не видим 97,5 % Вселенной, вас не смущает? Ведь мы столкнулись с невиданной ситуацией: все, что изучали ученые за последние 350 лет, относится к весьма незначительной части Вселенной. И, что еще хуже, у нас нет никакого представления о том, что же такое ее основная, невидимая часть.

В свое время я брал интервью у американского планетолога и популяризатора науки Карла Сагана в отеле Дорчестер в Лондоне (помню, что из окон его номера открывался потрясающий вид на Гайд-парк и озеро Серпентайн). К моменту нашего интервью он уже написал несколько научно-популярных книг, таких как «Космическая связь», и опубликовал свой первый научно-фантастический роман «Контакт», по которому впоследствии сняли фильм с Джоди Фостер в главной роли. Я спросил его, что для него стоит на первом плане: наука или научная фантастика. Без малейшего колебания он ответил: «Наука. Потому что в науке происходят более странные вещи, чем в научной фантастике». И это действительно так. Мы находимся во Вселенной, которая по своей странности превосходит все, что мы могли бы придумать. Я надеюсь, что на следующих страницах мне удастся отчасти познакомить вас со своеобразием окружающего мира и в очередной раз удивиться вместе с вами.

Я получил настоящее удовольствие, когда писал эту книгу. И я надеюсь, что и вы получите удовольствие, читая ее. По крайней мере, я надеюсь, что вы почерпнете из нее несколько удивительных фактов о Вселенной, которые помогут вам прослыть знатоком и интересным человеком в кругу друзей.

Маркус Чаун, Лондон, 2018

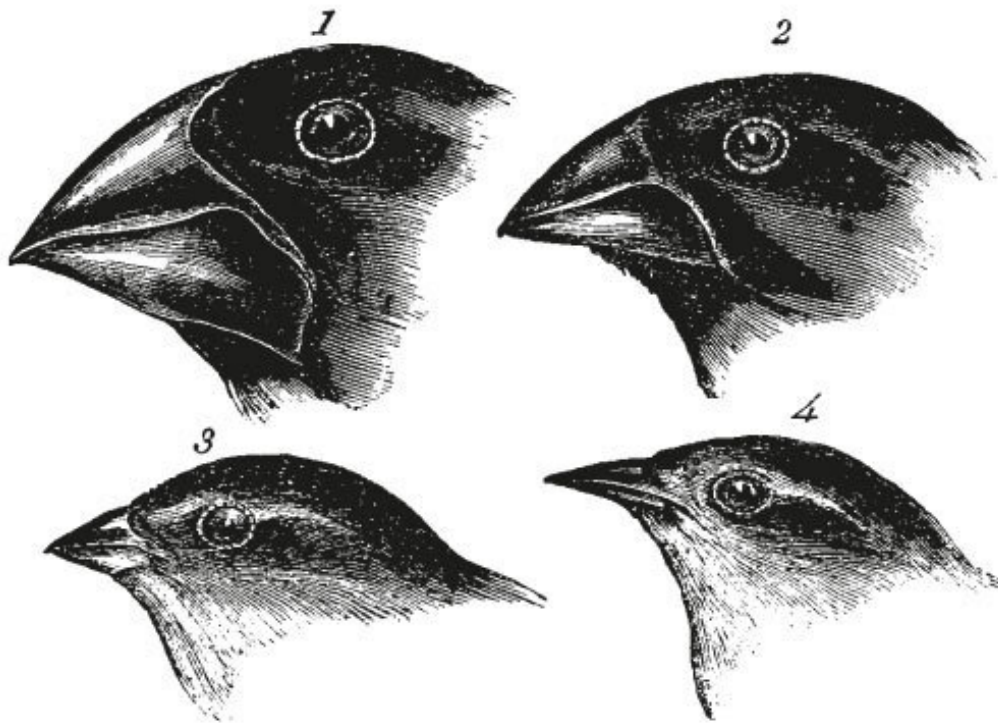
Часть первая Немного биологии

1. Связующая нить *Вы – это гриб. На целую треть*

*Как глупо, что мы не задумались об этом раньше.
Изречение Томаса Хаксли, узнавшего о теории эволюции Дарвина*

Вы на одну треть состоите из грибов. Да, это так. У вас, у меня – у нас всех – и у грибов на одну треть совпадает набор ДНК (как будто у меня без этого мало родственников, которым надо посылать открытки на Рождество). Это весьма убедительное доказательство того, что люди и грибы – по сути, все живущее на Земле – имеют общего предка. Первым человеком, осознавшим это, был английский ученый-естествоиспытатель Чарльз Дарвин.

В 1831 году, когда Дарвину исполнилось всего 22 года, он отправился в качестве натуралиста в пятилетнее плавание на корабле королевского флота «Бигль». За время своего путешествия Дарвин сделал ряд удивительных открытий в зоологии. Он заметил, в частности, что птицы и животные на изолированных Галапагосских островах, в тысяче километров от западного побережья Южной Америки, являлись разновидностями небольшой субпопуляции птиц и животных, обитающих на континенте. Но не только это. Птицы и животные на этом архипелаге немного отличались друг от друга. У зябликов на островах, где росли большие орехи, клювы были короче и толще, чем у их собратьев на других островах.



Зарисовка Дарвина: зяблики на Галапагосских островах в результате естественного отбора приобрели клювы разной формы и оказались идеально приспособленными для раскалывания орехов различной формы, растущих на разных островах.

Полтора года обдумывал Дарвин свои наблюдения, и в конце концов на него снизошло озарение. Он понял, почему разные создания так тонко приспособлены к окружающей среде. Дело вовсе не в том, что они так «задуманы» Создателем, как гласило господствующее мнение. Работал совершенно естественный механизм, создающий «иллюзию замысла».

Основная часть созданий, по мнению Дарвина, производит слишком много потомства, гораздо больше, чем может прокормить. Такие виды обречены на голодную смерть. Однако в борьбе за выживание те индивидуумы, которые лучше всего приспособлены к использованию ресурсов из окружающей среды, выживают, в то время как менее приспособленные погибают. Очень многие «сходят с дистанции». Но в результате такой эволюции путем естественного отбора разные существа постепенно изменяются, поколение за поколением, и оказываются лучше приспособленными к условиям жизни.

Дарвин рассуждал так: миллионы лет назад, когда вулканические Галапагосские острова поднялись из моря, с материковой части Южной Америки на Галапагосский архипелаг залетели несколько птиц и некоторые животные были принесены штормами через океан на пластах растительного дерна. Мир, в который они попали, был практически пуст. Они размножались и заполнили все имеющиеся экологические ниши. Зяблики Дарвина, изолированные на разных островах, подверглись давлению естественного отбора: наименее приспособленные к выживанию беспощадно выбраковывались, в то время как наиболее приспособленные постепенно одержали верх. На том острове, где росли крупные орехи, выжили зяблики с короткими и толстыми клювами, идеально подходящими для того, чтобы раскалывать эти орехи.

Мужество Дарвина заключалось в том, что он выдвинул свою теорию эволюции путем естественного отбора, хотя к тому времени были неизвестны два ключевых положения: во-первых, как от поколения к поколению передавались или наследовались различные свойства; во-вторых, что именно создавало изменения потомства у тех исходных созданий, которые послужили материалом для естественного отбора. Теперь мы знаем, что эти две вещи тесно связаны друг с другом. План для развития организма записывается в большой биологической молекуле, называемой дезоксирибонуклеиновой кислотой, или ДНК, которая содержится в каждой клетке¹. Во время процесса копирования при воспроизводстве клеток часто происходят мутации ДНК, которые порождают новые разнообразные черты у потомства. «Способность ДНК слегка ошибаться – это настоящее чудо, – сказал американский биолог Льюис Томас. – Если бы у ДНК не было этого свойства, мы все еще оставались бы анаэробными бактериями и у нас не было бы даже слуха».

Согласно Дарвину, все существа, которые сегодня имеются на Земле, эволюционировали путем естественного отбора из простого организма – нашего общего предка. Это в конечном счете и является причиной того, что у нас третья часть ДНК общая с грибами. По сути дела,

¹ Клетка – это крошечный пакетик с вязким веществом, организованным настолько сложно, что порядок в клетке можно сравнить с коммуникациями небольшого городка. Это своеобразный «биологический атом». Все организмы – скопления клеток. Насколько нам известно, не существует иной жизни, кроме клеточной.

² В последнее время идея о том, что ДНК является программой развития организма, была признана не соответствующей действительности. Биологи были потрясены, обнаружив, что человеческая ДНК кодирует только 24 000 генов (гены содержат информацию для создания белков, – больших молекул, чем-то напоминающих складные ножи со многими лезвиями – которые выполняют множество задач, таких как ускорение химических реакций, «возведение подмостков» для строительства новых клеток и т. д.). Этого недостаточно для создания человеческой индивидуальности. Поразительно сложным образом на включение и выключение генов влияют другие гены и концентрации химических веществ в окружающей среде. Это означает, что человеческий геном считается по-разному в разные моменты развития эмбриона, который в результате выглядит иначе, чем просто набор из 24 000 генов.

один и тот же участок ДНК присутствует в каждой клетке каждого существа на Земле, включая каждую из 100 триллионов клеток в вашем теле: GTGCCAGCAGCCGCGGTAATTCAGCT CCAATAGCGTATATTAAAGTTGCTGCAGTTAAAAAG³. Разве это не самое явное доказательство того, что все живые существа находятся друг с другом в родственных отношениях и что они эволюционировали от общего предка, как утверждал Дарвин? По словам Томаса: «Сегодняшняя структура ДНК, пронизывающая все клетки всех существ на Земле, является просто вытянутой и усовершенствованной первой молекулой»⁴.

Дарвин понимал, что процесс эволюции путем естественного отбора был болезненно медленным и нужны были сотни миллионов, если не миллиарды лет, чтобы создать то изобилие жизни, которое присутствует на Земле сегодня. Первые живые организмы на нашей планете могли возникнуть предположительно 3,8 миллиарда лет назад. По всей видимости, первая клетка, получившая название «последний универсальный общий предок», возникла около 4 миллиардов лет назад, всего через полмиллиарда лет после рождения Земли. Как именно это произошло и как был сделан первый шаг от неживой материи к живой клетке, до сих пор остается одним из самых больших вопросов, на которые наука пока не дала ответа.

³ Аденин (А), гуанин (G), цитозин (С) и тимин (Т) представляют собой молекулы, известные как «азотистые основания». Они формируют костяк «двойной спирали» гигантской молекулы ДНК. Каждая группа из трех оснований кодирует свою аминокислоту, например, TGG кодирует аминокислоту триптофан. Аминокислоты представляют собой строительные блоки белков, как в конструкторе LEGO.

⁴ The Medusa and the Snailby, Lewis Thomas (Penguin, 1995).

2. Поймай меня, если сможешь

Тринадцать полов коллективных грибов

Мой парень живет от меня в сорока милях. Но эти сорок миль для меня не помеха.

Филлис Диллер, американская актриса

У некоторых плесневых грибов, слизевиков, тринадцать полов (подумать только, сколько возникает проблем при поиске и сохранении партнеров). Их половые клетки только одной величины, а сперматозоиды и яйцеклетки человека сильно отличаются по размерам. Половая идентичность клеток у них определяется тремя генами – *matA*, *matB* и *matC*, которые, в свою очередь, могут встречаться в различных вариантах. На самом деле этих вариантов так много, что потенциально можно иметь более 500 разных полов. Чтобы приступить к размножению, спора слизевика просто должна найти себе партнера, имеющего различные варианты ее трех генов⁵. Остается загадкой, почему у некоторых плесневых грибов по тринадцать полов, а у некоторых это число доходит до 500 и более. Никто не знает даже того, почему у людей два пола и, собственно говоря, почему люди вступают в половые отношения.

В плане эволюции главная цель – передача ваших генов следующему поколению⁶. Не части этих генов, а именно полного их комплекта. С этой точки зрения разумно было бы клонировать себя, поскольку это обеспечивает 100-процентную передачу ваших генов любому потомству. Большинство существ на Земле практикует именно такое бесполое размножение. С другой стороны, организмы, вступающие в половые отношения, передают следующему поколению только половину своих генов. Они должны воспроизвести в два раза больше потомства, чтобы достичь того же результата, что и бесполое размножение, и при этом они должны тратить дополнительную энергию на поиск партнера. Все это представляется довольно бессмысленным.

Многие пытались объяснить разделение существ по половому признаку, но до недавнего времени ни одно объяснение не могло считаться достаточно убедительным. В последнее время, однако, все большее признание получает следующее толкование. Что самое удивительное, к нему подтолкнуло исследование таких организмов, как паразиты.

Если говорить о людях, то по всему миру, к сожалению, в каждый данный момент времени более двух миллиардов человек являются носителями различных видов паразитов, от малярийных плазмодий до кишечных глистов. Как правило, у них небольшие размеры и они способны быстро воспроизводить себя. А это означает, что за время жизни своего хозяина они могут дать жизнь многим поколениям себе подобных. Следовательно, они способны быстро адаптироваться к своему хозяину, чтобы научиться эффективно использовать его ресурсы. Сам организм-носитель в результате такого использования его ресурсов оказывается сильно ослабленным, иногда такое паразитирование может даже привести к его летальному исходу.

Чтобы понять, какое отношение к паразитам имеет разделение по признаку полов, давайте рассмотрим следующую ситуацию. Представим себе, что ДНК организма – это колода игровых карт. Когда организм просто клонирует себя, его потомство наследует всю колоду карт. В крайнем случае, одна или две карты слегка изменятся из-за случайной мутации. Но если мы имеем дело с половым размножением, потомство наследует половину карт из колоды одного родителя и половину карт из колоды другого родителя, причем они будут перетасо-

⁵ «Dr Tatiana's Sex Advice to all Creation», Olivia Judson (Vintage, 2003).

⁶ Информация для построения организма кодируется в дезоксирибонуклеиновой кислоте, или ДНК – двойной спиральной молекуле, содержащейся внутри каждой клетки. Участок ДНК, который кодирует белок, называется геномом. Белки – это «рабочие лошадки» клетки, гигантские молекулы, собранные из аминокислотных строительных блоков.

ваны друг с другом в случайном порядке. Полученные отпрыски будут не только отличаться от своих родителей, они будут уникальны. Следовательно, паразиты, жившие у родителей, окажутся плохо приспособлены к их детям и погибнут.

Идея о том, что разделение по половому признаку помогает избавляться от паразитов, была предложена американским биологом Ли Ван Валеном в 1973 г.⁷. Суть этой идеи в следующем: хотя организмы, паразитирующие в теле хозяина, способны постоянно обновляться, популяция хозяев может пережить их неустанный натиск, изменяясь еще быстрее.

В книге «Алиса в Зазеркалье», которую Льюис Кэрролл написал в 1871 году как продолжение «Алисы в Стране Чудес», Алиса бежит рядом с Черной Королевой и не понимает, почему не двигается с места.

– У нас, когда быстро и долго бежишь, – сказала Алиса, переводя дыхание, – непременно попадаешь в другое место.

– Какая медлительная страна! – сказала Королева. – А здесь, знаешь ли, приходится бежать со всех ног, чтобы только остаться на том же месте⁸.

Концепция Ван Валена, основанная на том, что разделение по половому признаку нужно организмам, чтобы эффективнее бороться с паразитами, получила название «гипотеза Черной Королевы». В 2011 году она получила сильное подспорье с экспериментальной стороны⁹. Путем генетических манипуляций биологи в США сконструировали две различные популяции круглых червей *Caenorhabditis elegans*, которые размножались двумя способами: бесполом, путем оплодотворения своих собственных яиц, и половым – в результате скрещивания женских и мужских червей¹⁰. Затем биологи заразили обе группы червей патогенными бактериями. Самооплодотворяющаяся популяция быстро вымерла в присутствии бактерий *Serratia marcescens*, а на другую популяцию эти бактерии такого разрушительного действия не произвели. Черви с половыми признаками опережали паразитов – они постоянно «бежали» быстрее. Возможно, это не самое романтическое объяснение влюбленности, но природа, кажется, произвела «дискриминацию» по половому признаку в том числе и для защиты от паразитов.

⁷ «A New Evolutionary Law», Leigh Van Valen (Evolutionary Theory, Vol. 1, p. 1, 1973).

⁸ Перевод Н. Демуровой.

⁹ «The Red Queen: Sex and the Evolution of Human Nature», Matt Ridley (Penguin, 1994).

¹⁰ «Running with the Red Queen: Host-Parasite Coevolution Selects for Biparental Sex», Levi T. Morran et al. (Science, Vol. 333, p. 216, 2011).

3. Фокус с кислородом

Заправляем малышкой ракетным топливом

В каждом из нас все время происходит процесс горения, очень похожий на горение свечи.

Майкл Фарадей¹¹

Ребенок ворочается в кроватке. Ракета устремляется ввысь, взвиваясь в небо на столбе дыма и пламени. Что общего между этими двумя процессами? – спросите вы. Казалось бы, ничего. И все-таки общее есть. В основе обоих процессов лежит одна и та же химическая реакция. Оба процесса подпитываются ракетным топливом.

Это не так удивительно, как может показаться на первый взгляд. Для вывода тяжелой ракеты на орбиту требуется двигатель, работающий на самом эффективном топливе, способный развить наибольшую мощность. Жизнь на Земле развивалась почти 4 миллиарда лет и проходила через бесконечную череду проб и ошибок. Было бы странно, если бы попытки отыскать подходящий источник энергии для биологических процессов не увенчались открытием самого эффективного из них.

И такой источник энергии, естественно, был найден. Это химическая реакция между водородом и кислородом, или *горение*, оно же окисление. Животные извлекают водород из пищи, а кислород – из воздуха. Ракета питается топливом, состоящим из жидкого водорода и кислорода. Чтобы понять, как происходит реакция между водородом и кислородом и откуда берется такое огромное количество энергии, рассмотрим более подробно этот процесс.

Атомы водорода и кислорода – и всех остальных веществ – состоят из крошечных ядер и еще более крошечных электронов. Электроны вращаются вокруг ядра, будучи не в силах избавиться от мощных пут его электрического заряда, во многом подобно тому, как планеты вращаются вокруг Солнца, находясь в силках его гравитационного поля.

С точки зрения физики, все тела стремятся уменьшить до минимума свою *потенциальную энергию*, которая является мерой того, что полезного может совершить то или иное тело, или, говоря научным языком, какую «работу» оно может совершить. Например, мяч на холме обладает высокой гравитационной потенциальной энергией. Если предоставить ему возможность, он постарается уменьшить свою энергию, скатившись к основанию холма, где гравитационная потенциальная энергия у мяча будет меньше. Так же, как мяч скатывается с холма, электроны в атоме будут стремиться уменьшить свою энергию.

При соединении двух атомов электроны получают возможность расположиться по-новому в каждом атоме. Если найдется такая конфигурация, в которой полная энергия атомов будет ниже, чем в двух отдельных атомах, атомы объединятся и образуют молекулу. Происходит перегруппировка электронов. В этих двух словах заключена, по сути, вся химия.

Поскольку энергия молекулы меньше энергии образовавших ее атомов, остается лишняя энергия. Основной закон физики гласит, что энергия не может ни создаваться, ни уничтожаться; она может только переходить из одной формы в другую – например, электрическая энергия может преобразоваться в световую. Следовательно, излишек энергии может производить работу.

В ракете происходит реакция между атомами водорода и атомами кислорода. Конкретно – два атома водорода соединяются с одним атомом кислорода, в результате чего образуется вода – H_2O . При этом освобождается большое количество энергии. Вода за счет этой энергии нагревается и выталкивается в виде пара с огромной скоростью из хвостовой части ракеты (в

¹¹ «A Course of Six Lectures on the Chemical History of a Candle», Michael Faraday (Griffin, Bohn & Co., 1861).

итоге ракеты движутся на паровой тяге!). Действие равно противодействию, и быстрый выхлоп толкает ракету вперед.



Шаттл «на паровой тяге»: многоразовый космический корабль NASA, запускаемый в космос благодаря химической реакции, превращающей кислород и водород в воду.

Запуск корабля многоразового использования на орбиту вокруг Земли в 1989 г. (астронавты Джон Янг и Роберт Криппен, стартовая площадка 39A, *STS-1*, NASA).

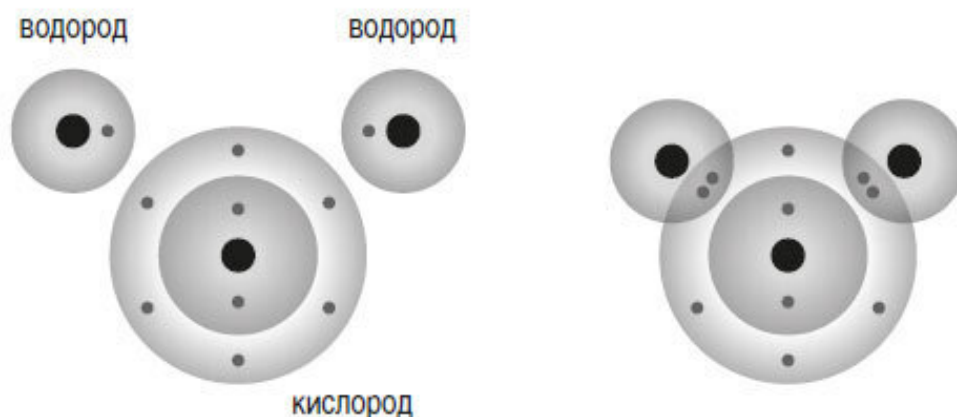
Освобождение огромного количества энергии в результате реакции между водородом и кислородом может поднять ракету и запустить ее в дальний космос¹². Эта же реакция лежит в основе подвижности ребенка, не говоря уже о любой вашей или моей деятельности, да и вообще активности каждого животного на Земле.

При полете ракеты образуется вода в результате соединения водорода и кислорода. При этом мгновенно выделяется огромное количество тепловой энергии. В живых организмах процесс, очевидно, происходит не так бурно. В них энергия освобождается постепенно, шаг за шагом, гораздо более искусным и менее разрушительным способом.

То, что происходит в ракете, взлетающей благодаря реакции между водородом и кислородом, происходит во всех химических реакциях: электроны участвуют в игре под названием

¹² Энергии, выделяемой топливом, состоящим из жидкого водорода и жидкого кислорода, не вполне достаточно, чтобы поднять в космос их общий вес плюс вес металлической оболочки ракеты. Поэтому ракета состоит из ступеней. Сбрасывая ступень при подъеме в верхние слои атмосферы, ракета становится легче. На долю оставшегося топлива выпадает более легкая работа по подъему ракеты в космос.

«чехарда». А именно – в нашем случае атом кислорода захватывает электроны из двух водородных атомов¹³. В результате объединения этих атомов образуется молекула воды.



Чудесный источник энергии: энергия молекулы воды (*справа*) меньше, чем энергия составляющих ее атомов водорода и кислорода (*слева*), поэтому выделяется избыточная энергия.

В биологии мы имеем дело с неожиданным вариантом кислородно-водородной реакции: атомы водорода в клетке отдают свои электроны атому кислорода, но три атома при этом никогда не соприкасаются. Между атомами водорода и атомом кислорода протянута длинная электропроводящая перемычка из протеиновых комплексов. Освобожденные из атома водорода электроны, которые не могут сразу отдать переизбыток энергии, вынуждены перескакивать с места на место вдоль этой перемычки.

При каждом таком подскоке электрон действует на ядра атомов водорода, или *протоны*, через каналы, или поры, в клеточной мембране¹⁴¹⁵. Поскольку протоны несут положительный электрический заряд – в отличие от электронов, которые заряжены отрицательно, – одна сторона мембраны оказывается заряженной по отношению к другой. Нечто подобное происходит в аккумуляторной батарее, между клеммами которой возникает электродвижущая сила. Именно это и делает сверхактивный электрон, пытающийся пробиться к атому кислорода через протеиновую заслонку: он превращает клеточную мембрану в заряженную батарею. В мембране возникает чрезвычайно большая напряженность электрического поля – она сравнима с напряженностью электрического поля при грозовом разряде, который расщепляет молекулы азота и кислорода и порождает вспышку молнии.

К счастью, клетки в нашем организме не трескаются от разряда, как молекулы во время грозы. Толщина клеточной мембраны очень мала, всего 5 миллионных долей миллиметра, и

¹³ Электроны в атоме расположены в оболочках, каждая из которых может быть заполнена до определенного предела. Каждый атом стремится иметь комплект полностью заполненных оболочек. Атом водорода может легко достичь этого состояния, потеряв электрон (фактически, свой единственный электрон), атом кислорода – получив два электрона. Вот почему атом кислорода с готовностью захватывает электроны из двух атомов водорода. Состояние, в котором два атома водорода теряют по электрону, а атом кислорода получает при этом два электрона, является самым низкоэнергетическим, желательным состоянием, которое можно сравнить с положением мяча, лежащего у подножия холма.

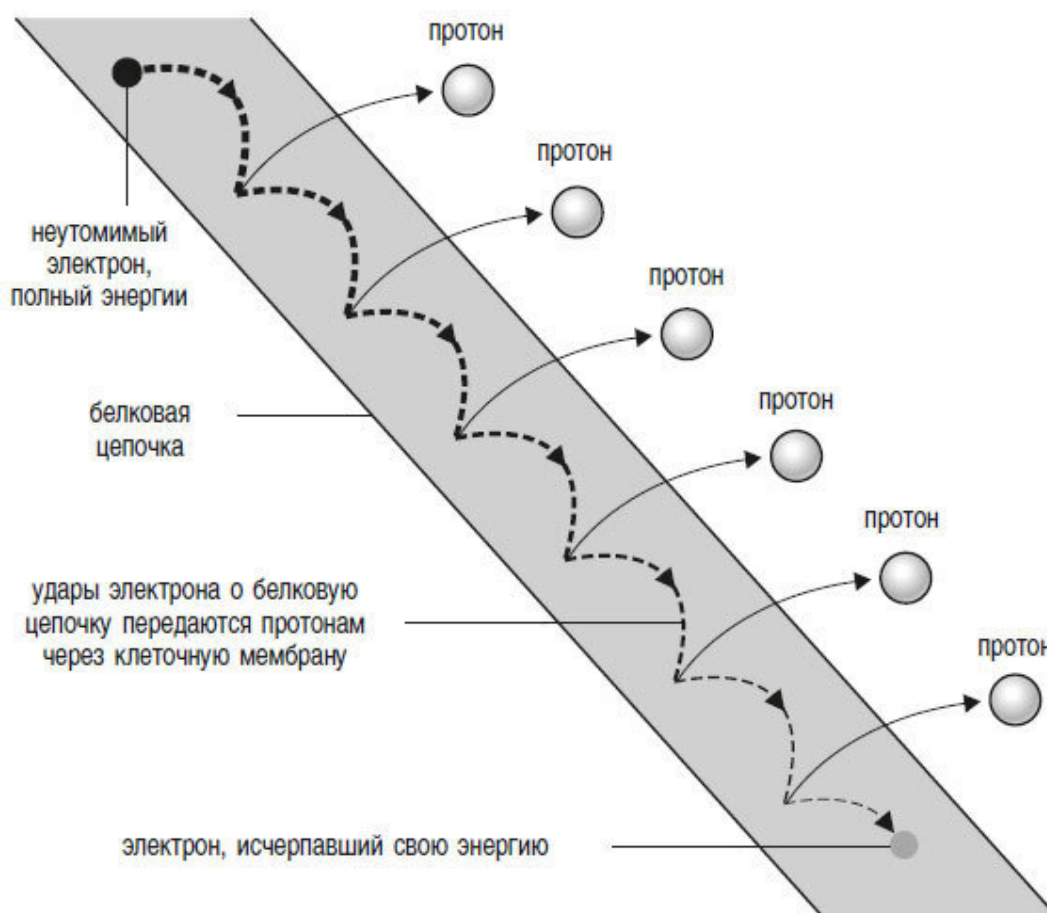
¹⁴ Протон, который примерно в 2000 раз массивнее электрона, – одна из двух составляющих ядра атома. Другая составляющая ядра – нейтрон. Все атомные ядра содержат и протоны, и нейтроны, кроме ядра атома водорода, которое содержит только протон.

¹⁵ Наивно думать, что электрон просто врезается в протон, подталкивая его через пору в клеточной мембране. На самом деле электрон меняет форму белка. Белок имеет разную форму в зависимости от того, располагает ли он этим электроном. Именно такие изменения формы прокладывают электрону путь через мембрану.

только она испытывает на себе действие электрического поля. К тому же в процесс вмешиваются другие молекулы, сдерживающие это поле.

Мощное напряжение электрического поля мембранной батареи возбуждает химическую реакцию, которая создает молекулы аденозинтрифосфата, или АТФ. Эти молекулы – своеобразные портативные батареи, они содержат большой запас энергии. Электрон, который совершает все новые и новые подскоки к протеиновой перемычке, теряя при этом энергию, оставляет за собой большое количество насыщенных энергией молекул АТФ. Если эту энергию выпустить на свободу, она способна питать клеточные процессы там и тогда, где и когда это будет необходимо.

В конечном счете, вы питаетесь от батареи! В вашем теле порядка миллиарда молекул АТФ, и их запасы энергии используются и восполняются каждую минуту или каждые пару минут. Несколько батареек обеспечивают бесперебойную работу игрушек в течение нескольких часов. А ваше тело использует до 10 миллионов блоков питания каждую секунду.



Протоны, которые подвергаются толчкам через клеточную мембрану, превращают мембрану в батарею, а она приводит в действие химическую реакцию, в результате которой появляются молекулы АТФ – источники питания «биологической батареи».

В конце концов электрон, лишенный всей своей энергии, достигает финальной точки в своем путешествии по протеиновой цепочке. И здесь он наконец встречается с атомом кислорода. А когда к нему присоединяется второй электрон от другого атома водорода, для атома кислорода наступает столь желаемое состояние, когда вся его внешняя оболочка заполнена электронами¹⁶. Но и это еще не конец истории.

¹⁶ См. примечание 13.

Как мы уже говорили, живые организмы получают свой водород с пищей. Затем внутри клетки происходит очень хитрый и энергоэффективный процесс, называемый *циклом Кребса*, в ходе которого выделяются атомы водорода из пищи – либо из молекул сахара (глюкозы $C_6H_{12}O_6$), либо из жира. При этом остаются атомы углерода. И если атом кислорода – у которого теперь есть полный комплект электронов во внешней оболочке – поделится своими электронами с атомом углерода, в результате появится очень стабильная молекула углекислого газа (CO_2). Углекислый газ и водяной пар – это те «отходы производства», которые выделяют дышащие кислородом животные.

Итак, вот что мы имеем. Ваш организм берет водород из пищи и отбирает энергию – всю, до последней капли – у его энергичных электронов, а потом эти электроны, «обессиленные», вручаются атомам кислорода. Если в двух словах, то это и есть источник питания младенцев, да и всей остальной жизни.

4. Перестройка за семь лет

Сегодня ваше тело смастерит примерно 300 миллиардов новых клеток

Ни одна из клеток вашего тела не знает, кто вы такой, и им это совершенно безразлично.

Дэниел Деннет¹⁷

Сегодня ваше тело смастерит примерно 300 миллиардов новых клеток. Это больше, чем количество звезд в нашей галактике Млечный Путь. Неудивительно, что я чувствую себя измотанным, даже когда ничего не делаю.

Клетка – это крошечный прозрачный кулечек с вязкой жидкостью. Это атом в биологии. Наверное, справедливо будет сказать, что не существует другой жизни, кроме клеточной. Первые ископаемые клетки, по-видимому, появились примерно 3,5 миллиарда лет назад, а первые признаки химических изменений, вызванных процессами жизнедеятельности, относятся к еще более раннему периоду – примерно 3,8 миллиарда лет тому назад. Это дает основание полагать, что жизнь могла возникнуть около 4 миллиардов лет тому назад, всего через полмиллиарда лет после того, как появилась сама наша планета.

Каждое человеческое существо – это гигантская колония клеток. «Вот хороший пример того, что нас трудно рассматривать как единую сущность», – сказал американский биолог Льюис Томас¹⁸. «Каждый из нас – толпа», – считает Карл Саган¹⁹. Эта толпа состоит из множества клеток, примерно 100 миллионов миллионов – поистине астрономическое число. Я – это галактика. Вы тоже галактика. Более того, каждый из нас – это тысяча галактик, потому что в нашем теле содержится больше клеток, чем звезд в тысяче галактик, подобных Млечному Пути.

Каждая из клеток, из которых состоит человек, представляет собой миниатюрный мир, такой же сложный, как и крупный город. В нем происходит кипучая деятельность миллиардов наномашин. Здесь есть свои административные центры, мастерские и склады, по улицам непрерывно осуществляется транспортировка грузов. Как написал американский журналист Питер Гуинн: «Чтобы снабжать клетки энергией, работают целые электростанции. Заводы производят белки, жизненно важную продукцию на химическом рынке. Сложные транспортные системы направляют специальные химические препараты к разным точкам внутри клетки и за ее пределы. Часовые на баррикадах следят за деятельностью на рынках экспорта и импорта и внимательно вглядываются во внешний мир, чтобы не пропустить признаки надвигающейся опасности. Специально обученные биологические армии готовы сражаться с непрошеными захватчиками. Центральное генетическое правительство поддерживает строгий порядок»²⁰. А вся наша жизнь начинается с одной-единственной клетки, когда сперматозоид – самая маленькая клетка в организме – соединяется с яйцеклеткой, которая по размерам, напротив, превосходит все остальные клетки. Примерно полчаса каждый человек существует в виде одной-единственной клетки (помню, что мне было очень скучно – я не мог дожидаться, когда же появится другая клетка, с которой мы могли бы поиграть). Затем эта одна клетка делится на две. Это необыкновенный процесс. Всего за полчаса клетка не только делает копию своей ДНК, – чтобы ускорить этот процесс, он осуществляется одновременно на нескольких участках ДНК – но

¹⁷ «Sweet Dreams: Philosophical Obstacles to a Science of Consciousness», Daniel Dennett (MIT Press, 2006).

¹⁸ The Lives of a Cell, Lewis Thomas (Penguin, 1978).

¹⁹ «Cosmos: A Personal Voyage», Carl Sagan, Ann Druyan and Steven Soter (Public Broadcasting Service, 1980).

²⁰ «The Secrets of the Human Cell», Peter Gwynne, Sharon Begley and Mary Hager (Newsweek, 20 August 1979, p. 48).

и создает порядка 10 миллиардов сложных белков²¹, то есть почти 10 миллионов белков в секунду. Через час две клетки делятся на четыре, затем на восемь, и т. д. После нескольких делений химические различия в развивающемся эмбрионе заставляют клетки дифференцироваться. Этот процесс достигает высшей точки мастерства, когда отдельные клетки «поймут», что они должны будут войти в состав печени, мозга или костей. Наконец одна-единственная первоначальная клетка размножается до семейства из 76 миллионов миллионов клеток человеческого организма.

И это опять-таки не конец истории. Мало найдется в вашем организме таких мест, где клетки сохранялись бы в неизменном виде, кроме мозга. Например, клетки, которые выстилают стенки желудка, буквально купаются в соляной кислоте, а это такая эссенция, которая способна растворить лезвие бритвы, поэтому эти клетки необходимо постоянно восстанавливать. Каждые три-четыре дня слизистая оболочка желудка полностью обновляется. Кровяные клетки живут дольше, но даже они саморазрушаются примерно через четыре месяца. По сути дела, почти все клетки организма заменяются через каждые семь лет. Может быть, этим объясняется стремление обновить отношения, которое возникает у некоторых раз в семь лет. Вы смотрите на свою вторую половину и думаете: «А ведь это совсем другой человек, не тот, с которым мы когда-то встретились впервые».

²¹ ДНК, или дезоксирибонуклеиновая кислота, представляет собой гигантскую биомолекулу, которая хранит в закодированной форме структуру белков клетки.

5. Пришельцы внутри нас

Мы рождаемся полноценными людьми, а в конце жизни становимся наполовину пришельцами

*Кто-то чужой сидит у меня в голове, и это не я.
«Пинк Флойд»*

Половина клеток вашего организма – не ваши. Ранее считалось, что каждые девять из десяти клеток – «чужие», но последние исследования показали, что эта пропорция все-таки меньше²². Но согласитесь, от осознания того, что 50 % клеток, которыми вы владеете, – примерно 38 миллионов миллионов – на самом деле к вам не относятся, возникает довольно странное чувство.

Некоторые чужеродные клетки прицепились и едут на вас «автостопом»; это грибки. А еще бактерии! На самом деле вы не могли бы извлекать питательные вещества из пищи, если бы не сотни видов бактерий, живущих в вашем желудке. Вот почему, если долго принимать антибиотики, может случиться расстройство желудка. Антибиотики не разбираются, кто «друг», а кто «враг», и наряду с болезнетворными бактериями убивают и те, без которых вам не обойтись.

Бактерии гораздо меньше, чем остальные клетки вашего тела. Поэтому, хотя их количество сопоставимо с общим числом ваших клеток, по массе они занимают всего примерно 1,5 килограмма от общей массы человека весом 70 кг.

Правительство США выступило с инициативой провести пятилетнее исследование, посвященное выявлению всех чужеродных микроорганизмов в организме человека и выяснению их функций. Этот гигантский проект называется «Микробиом человека» (HMP)²³. Предварительные результаты опубликованы в 2012 году. Они доказали наличие 10 000 видов чужеродных клеток в организме человека – это в сорок раз больше, чем количество разнообразных типов ваших собственных клеток. Фактически на каждом квадратном сантиметре вашей кожи уютно расположились около 5 миллионов бактерий. То есть их не менее 500 на каждом кусочке кожного покрова размером с булавочную головку. Наиболее густонаселенные участки – уши, задняя часть шеи, боковые стороны носа и пупок. Что эти «чужаки» вытворяют – одному Создателю известно. Например, в проекте «Микробиом человека» выявлено, что 77 % разных бактерий облюбовали себе нос – интересно бы понять, что они вообще-то там делают!

Оказалось, что носовые полости 29 % людей содержат бактерии *золотистого стафилококка*. Звучит довольно угрожающе, не правда ли? Однако иммунная система здоровых людей держит такие бактерии под контролем, и они не причиняют вреда. Они опасны только для людей с ослабленным иммунитетом. Очевидно, что в больницах, где лежат в основном больные люди, эти бактерии могут стать настоящим бедствием.

Появляется все больше доказательств того, что дисбаланс микробиома (сообщества бактерий) человека может быть немаловажным фактором, вызывающим широкий спектр заболеваний. К ним относятся, например, воспалительные заболевания кишечника, такие как болезнь Крона и язвенный колит. Существует предположение, что дисбаланс бактериальной флоры может играть роль также в возникновении болезни Альцгеймера²⁴.

²² «Revised Estimates for the Number of Human and Bacteria Cells in the Body», Ron Sender, Shai Fuchs and Ron Milo (PLOS Biology, 19 August 2016: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002533>).

²³ NIH Human Microbiome Project (<https://hmpdacc.org>).

²⁴ «Gut Microbiome Alterations in Alzheimer's Disease», Nicholas Vogt et al. (Nature, 19 October 2017: <https://www.nature.com/articles/s41598017-13601-y>).

Никто не обладает полным набором чужеродных микроорганизмов при рождении. Они проникают в наше тело постепенно, с материнским молоком и при контакте с окружающей средой.

К трехлетнему возрасту организм приобретает уже почти полный набор. Именно поэтому можно сказать, что вы рождаетесь настоящими людьми, а к концу жизни становитесь наполовину «пришельцами».

А на самом деле все обстоит еще хуже. В исследованиях проекта «Микробиом человека» выяснилось, что микроорганизмы, населяющие наш организм, имеют в общей сложности 8 миллионов генов, каждый из которых кодирует белок с определенной целью. Сравните это число с геномом человека, который содержит всего 24 000 генов. Следовательно, генов микробного происхождения, которые оказывают влияние на наш организм, примерно в 400 раз больше, чем собственно человеческих генов. Или, другими словами, 99,75 % ДНК в нашем теле не принадлежат нам. В этом смысле мы даже не наполовину люди, а всего лишь на одну четверть. Возможно, еще более справедливо следующее высказывание: мы рождаемся на 100 % людьми, а к концу жизни становимся на 99,75 % инопланетянами!

6. Незаменимый мозг

Юная асцидия блуждает по морю в поисках скалы для пристанища. Найдя постоянное место жительства, она укореняется там и... съедает свой мозг: он ей больше не понадобится²⁵

*Джентльмены, складывается довольно мрачная картина. Климат на Земле меняется, млекопитающие все заполнили, а мозг у нас размером с грецкий орех.
Гари Ларсон. «Далекая сторона». (Из разговора динозавров)*

Юная асцидия блуждает по морю в поисках скалы для пристанища. Вот она находит подходящую скалу, цепляется за нее и... съедает свой мозг за ненадобностью. Интересно, что будет делать эта асцидия, если ее смоеет в море большой волной? Избавившись от своего мозга, будет ли она бесцельно блуждать по океану, как моряк без карты и компаса? Или же она вырастит мыслящий орган заново и чудесным образом восстановит свои навигационные навыки, необходимые для поиска нового скалистого дома²⁶?

Автоканныбализм юной асцидии служит наглядным примером того, в каких ситуациях умственные способности могут являться преимуществом (или обузой) с точки зрения затрат энергии. Большинство существ на Земле обходятся без интеллекта, и даже такое создание, как морская асцидия, избавляется от него сразу же, как он перестает быть нужен. Рудольфо Льинас, колумбийско-американский нейробиолог, объясняет это следующим образом: «Есть два основных типа животных: просто животные и животные без мозгов. Последние называются растениями. Им не нужна нервная система, потому что они активно не передвигаются, не вытаскивают из земли свои корни и не убегают от лесных пожаров! Но для активного движения созданию нужна нервная система, иначе ему угрожает быстрая и неминуемая гибель»²⁷

²⁵ «Юная морская асцидия блуждает по морю в поисках подходящего камня или куска коралла, чтобы уцепиться за него и сделать его своим домом. Для выполнения этой задачи у нее имеется рудиментарная нервная система. Когда она находит себе подходящее место и пускает корни, ей больше не нужен мозг, и она его съедает, вступив в землепользование». Из: *Consciousness Explained*, Daniel Dennett (Penguin, 1993).

²⁶ «Meet the Creature that Eats Its Own Brain!», Steven Goodhart ([https:// goodheartextremescience.wordpress.com/2010/01/27/meet-the-creature-that-eats-its-own-brain](https://goodheartextremescience.wordpress.com/2010/01/27/meet-the-creature-that-eats-its-own-brain)).

²⁷ «The Electric Brain» (NOVA, 23 October 2001: www.pbs.org).

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.