

Нил Деграсс ТАЙСОН

АСТРО ФИЗИКА

С КОСМИЧЕСКОЙ СКОРОСТЬЮ

ИЛИ ВЕЛИКИЕ ТАЙНЫ ВСЕЛЕННОЙ
ДЛЯ ТЕХ, КОМУ НЕКОГДА

25 недель №1 в рейтингах
The New York Times и Amazon.com
Эту книгу читает весь мир!

Нил Деграсс Тайсон
Астрофизика с космической
скоростью, или Великие
тайны Вселенной
для тех, кому некогда
Серия «Удивительная Вселенная»

Текст предоставлен издательством

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=27102479

*Нил Тайсон Деграсс. Астрофизика с космической скоростью, или
Великие тайны Вселенной для тех, кому некогда: АСТ; Москва; 2018
ISBN 978-5-17-982975-1*

Аннотация

Темное вещество, гравитация, возможность межгалактических полетов и Теория Большого взрыва... Изучение тайн Вселенной подобно чтению захватывающего романа. Но только если вы хорошо понимаете физику, знаете, что скрывается за всеми сложными терминами и определениями. В самых головоломных вопросах науки вам поможет разобраться Нил Деграсс Тайсон – один из самых авторитетных и в то же время остроумных астрофизиков нашего времени. Он обладает особым

даром рассказывать о сложнейших научных теориях понятно, интересно и с юмором.

Новая книга Нила Тайсона – это очередное захватывающее путешествие в мир современной науки. Вы узнаете о самых последних открытиях, сможете проследить секунда за секундой рождение Вселенной, узнаете новейшие данные о темной материи и происхождении Земли. И чтобы понять все это, вам не понадобится никакого специального образования: достаточно даже слегка подзабытого курса средней школы и любопытства. А закрыв эту книгу, вы поймете, что астрофизика не так сложна, как казалось! Это полезное и увлекательное чтение для всей семьи. Читайте, чтобы не отстать от научно-технического прогресса.

Содержание

Предисловие	8
1. Самая главная история	10
2. На Земле как на небе	31
Конец ознакомительного фрагмента.	32

Нил Тайсон Деграсс
Астрофизика с
космической скоростью,
или Великие тайны
Вселенной для
тех, кому некогда

Права на перевод получены соглашением с W. W. Norton & Company, Inc., при содействии литературного агентства Andrew Nurnberg

Neil deGrasse Tyson

ASTROPHYSICS FOR PEOPLE IN A HURRY

The #1 New York Times Bestseller

© 2017 by Neil deGrasse Tyson

© Бродоцкая А., перевод на русский язык, 2017

© ООО «Издательство АСТ», 2018

* * *

Нил Деграсс Тайсон написал настоящую, научную «Тео-

рию Большого взрыва» для тех, кто спешит.

Журнал «Vanity Fair»

Тайсон – мастер рационализации и упрощения. Он берет умопомрачительно сложные идеи и «разбирает» их до болтиков, дополняя красочными аллегориями и прикольными шутками, и эти идеи становятся доступными даже для непрофессионалов.

Журнал «Salon»

Эта книга расширяет границы нашего разума.

Сайт «Hackernoon»

* * *

Главы этой книги – переработанные статьи из раздела «Вселенная» в журнале Natural History:

Глава 1: март 1998 года и сентябрь 2003 года

Глава 2: ноябрь 2000 года

Глава 3: октябрь 2003 года

Глава 4: июнь 1999 года

Глава 5: июнь 2006 года

Глава 6: октябрь 2002 года

Глава 7: июль/август 2002 года

Глава 8: март 1997 года

Глава 9: декабрь 2003/январь 2004 года

Глава 10: октябрь 2001 года

Глава 11: февраль 2006 года

Глава 12: апрель 2007 года.

Для всех, кому некогда читать толстые книжки, но все равно нужно подключиться к космосу.

Предисловие

В последнее время не проходит и недели без сенсационных заявлений о каком-то космическом открытии, достойном громких заголовков. Возможно, дело в том, что наука о вселенной наконец-то заинтересовала тех, кто отвечает за подбор материалов для газет, однако подобное внимание прессы, скорее всего, связано и с тем, что у простых читателей проснулся научный аппетит. Об этом свидетельствует очень многое – от рейтинга научно-популярных телепередач до успеха научно-фантастических фильмов: теперь их снимают самые знаменитые режиссеры и продюсеры, а главные роли исполняют кинозвезды первой величины. А недавно в моду вошли и биографические картины о выдающихся ученых – теперь это самостоятельный жанр. Кроме того, во всем мире проводятся научные фестивали, конвенты любителей научной фантастики и показы документальных научных телесериалов.

Самые большие сборы в истории кинематографа принесла картина знаменитого режиссера, действие которой происходит на планете, вращающейся вокруг далекой звезды. И там одна знаменитая актриса играет астробиолога.

В наши дни расцвета достигли многие отрасли науки, однако одно из первых мест неизменно занимает астрофизика. По-моему, я знаю почему. Каждому из нас доводилось под-

нимать глаза к небу и спрашивать себя, что все это значит, как все это устроено – и каково наше место во вселенной.

Тем, кому некогда впитывать знания о космосе на лекциях, из учебников или документальных фильмов, однако все равно хочется получить краткое, но осмысленное введение в науку о вселенной, я предлагаю свою книгу. Эта тонкая книжица позволит вам свободно ориентироваться в мире современных представлений и открытий, ныне составляющих научную картину вселенной. Если мне удалось выполнить поставленную задачу, вы сможете вести культурную беседу по моей тематике, неплохо владея материалом, а возможно, захотите узнать больше.

Вселенная не обязана иметь смысл в ваших глазах.

Нил Деграсс Тайсон

1. Самая главная история

*Но многократно свои положения в мире меняя,
От бесконечных времен постоянным толчком
подвергаясь,*

*Всякие виды пройдя сочетаний и разных
движений,*

*В расположенья они, наконец, попадают, из коих
Вся совокупность вещей получилась в
теперешнем виде...*

Лукреций, ок. 50 г. до н. э. (пер. Ф. Петровского)

В самом начале, почти 14 миллиардов лет назад все пространство, все вещество и вся энергия известной нам Вселенной содержались в объеме, размером меньше одной триллионной объема точки, завершающей это предложение.

Было так жарко, что все основные силы природы, в совокупности описывающие Вселенную, слились воедино. Мы до сих пор не знаем, как возник этот микро-миниатюрный космос, однако известно, что с тех пор он мог только расширяться. Быстро. Сегодня мы называем это событие Большим взрывом.

В 1916 году Эйнштейн выдвинул общую теорию относительности – современное представление о гравитации, согласно которому наличие вещества и энергии искривляет вокруг себя ткань пространства и времени. В двадцатые годы

прошлого века была разработана квантовая механика – современное представление о микромире, молекулах, атомах и субатомных частицах. Но оказалось, что с формальной точки зрения эти два мировоззрения несовместимы друг с другом, и это заставило физиков наперебой пытаться примирить теорию малого с теорией большого – создать единую и непротиворечивую теорию квантовой гравитации. Финишной прямой в этой гонке мы пока не достигли, зато точно знаем, где стоят самые высокие препятствия. Одно из них – «планковская эра» ранней Вселенной. Это период с $t = 0$ до $t = 10^{-43}$ секунды (одна десятиллионно-триллионно-триллионно-триллионная доля секунды) после Большого взрыва, до того, как Вселенная достигла размера в 10^{-35} метра (одна стомиллиардно-триллионно-триллионная доля метра). Немецкий физик Макс Планк, в честь которого названы эти невообразимо малые величины, в 1900 году выдвинул идею квантования энергии и в целом считается отцом квантовой механики.

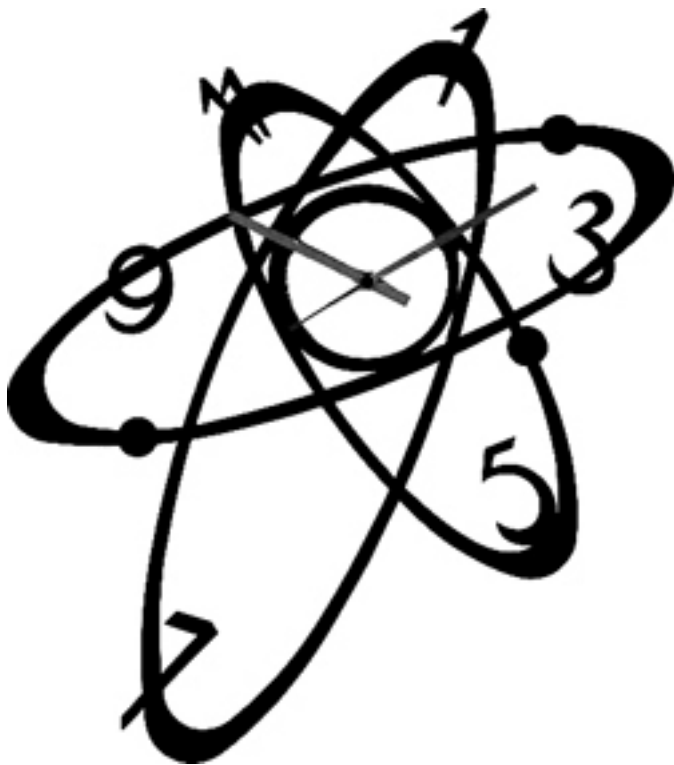
Противоречие между теорией гравитации и квантовой механикой в нашу эпоху не приводит ни к каким практическим осложнениям, потому что инструменты и принципы этих теорий применяются к совершенно разным классам задач. Однако поначалу, в планковскую эру, большое было маленьким, и мы подозреваем, что эти теории были вынуждены, так сказать, наладить совместную жизнь. Увы, для нас пока остается тайной, какими обетами они обменялись на

церемонии бракосочетания, поэтому никакие известные нам законы физики не объясняют сколько-нибудь достоверно поведение Вселенной в тот период.

Тем не менее, мы предполагаем, что к концу планковской эры гравитация вырвалась из объятий остальных, по-прежнему единых сил природы и приобрела независимость, которую так хорошо описывают наши нынешние теории. Перевалив за возраст в 10^{-35} секунды, Вселенная продолжала расширяться, концентрированная энергия разбавлялась, а то, что осталось от единых сил, разделилось на две силы: «электрослабую» и «сильную ядерную». Еще позднее электрослабая сила разделилась на электромагнитную и слабую ядерную силы, и получились четыре отдельные силы, которые мы знаем и любим:

- слабое ядерное взаимодействие контролирует радиоактивный распад;
- сильное ядерное взаимодействие связывает атомное ядро;
- электромагнитная сила связывает атомы и молекулы;
- а гравитация – скопления вещества.

**С момента Большого взрыва
прошла одна триллионная секунды**



Все это время шло непрерывное взаимодействие вещества в виде субатомных частиц и энергии в виде фотонов (не имеющих массы переносчиков энергии света, в равной мере частиц и волн). Во Вселенной было так жарко, что фотоны могли спонтанно преобразовывать энергию в пары частиц ве-

щества и антивещества, которые сразу аннигилировали, возвращая энергию обратно фотонам.

Да-да, антивещество – это не фантастика. И его открыли мы, ученые, а не писатели-фантасты. Такие метаморфозы полностью описывает самое знаменитое уравнение Эйнштейна $E = mc^2$ – действующий в обе стороны рецепт, показывающий, сколько вещества стоит то или иное количество энергии и сколько энергии стоит то или иное количество вещества. В этой формуле c^2 – это квадрат скорости света, очень большое число, которое, будучи помножено на массу, показывает, сколько энергии на самом деле дает нам это преобразование.

Непосредственно перед, во время и после того, как сильное и электрослабое взаимодействия разорвали знакомство, Вселенная была бурлящим бульоном из кварков, лептонов и их антисобратьев, а также бозонов – частиц, которые обеспечивают их взаимодействие. Считается, что представители всех этих семейств уже не делятся на что-то еще более мелкое и элементарное, хотя у каждой из таких частиц есть несколько разновидностей.

Да-да, антивещество – это не фантастика. И его открыли мы, ученые, а не писатели-фантасты.

Обычный фотон входит в семейство бозонов. Из лептонов не-физикам лучше всего знакомы, пожалуй, электрон и, возможно, нейтрино, а из кварков... гм, знакомых кварков у

вас, наверное, нет. Каждому из шести видов кварков дали абстрактное название, не имеющее никакой цели – ни филологической, ни философской, ни педагогической, – кроме цели отличать их друг от друга. Кварки называются так: *верхний, нижний, странный, очарованный, прелестный и истинный*.

А вот бозоны, кстати, названы в честь индийского ученого Шатъендраната Бозе. Слово «лептон» образовано от древнегреческого «лептос», что значит «маленький» или «легкий». Однако происхождение самого слова «кварк» гораздо интереснее: его источник – литературное произведение. Физик Мюррей Гелл-Манн, который в 1964 году выдвинул гипотезу о существовании кварков как составляющих нейтронов и протонов и в то время считал, что семейство кварков состоит всего лишь из трех членов, позаимствовал их название из «Поминок по Финнегану» Джеймса Джойса, где чайки выкрикивают загадочную фразу: «Три кварка для мистера Марка!»

К чести кварков можно сказать одно: у них очень простые названия – искусство, которое так и не далось химикам, биологам и особенно геологам, которые дают предметам своих изысканий на диво заковыристые имена.

Кварки – те еще фрукты. В отличие от протонов, обладающих электрическим зарядом $+1$, и электронов, у которых заряд равен -1 , у кварков заряды дробные, кратные одной трети. Изловить отдельный кварк нельзя, он всегда цепляется за соседние. Более того, сила, связывающая два (или боль-

ше) кварка, лишь возрастает при попытке их разделить, как будто они соединены своего рода субъядерной резинкой. Если растащить кварки достаточно далеко, резинка лопается, и высвобождаемая энергия при помощи $E = mc^2$ создает по новому кварку на каждом конце – начинай сначала!

Кварки – те еще фрукты. Изловить отдельный кварк нельзя, он всегда цепляется за соседние.

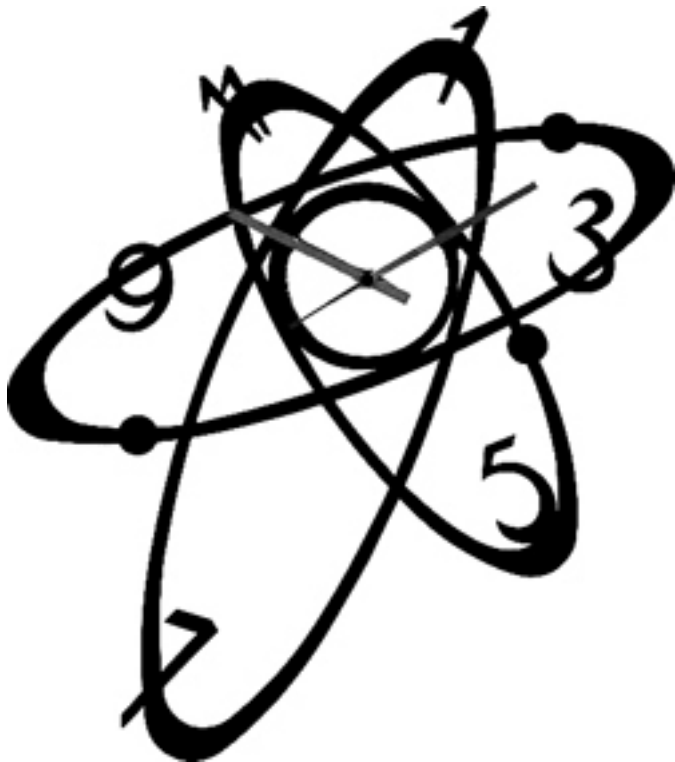
В кварк-лептонную эру Вселенная была такая плотная, что среднее расстояние между несвязанными кварками было сравнимо с расстоянием между связанными кварками. При таких условиях между соседними кварками не могла установиться однозначная связь, и они не образовывали коллективные союзы, а свободно перемещались. Об открытии такого состояния вещества, своего рода кваркового плавильного котла, впервые заявила в 2002 году группа физиков из Брукхейвенской национальной лаборатории на Лонг-Айленде в штате Нью-Йорк.

Есть надежные теоретические указания, что на самом раннем этапе развития Вселенной – возможно, во время одного из разделений основных сил – имел место эпизод, благодаря которому Вселенная стала немного асимметричной: частиц вещества оказалось чуть больше количества частиц антивещества – миллиард одна на миллиард. Такой крошечный перевес едва ли удалось бы заметить в гуще продолжавшегося создания, аннигиляции и воссоздания кварков и ан-

тикварков, электронов и антиэлектронов (известных как позитроны), а также нейтрино и антинейтрино. У всякой шальной частицы было полно возможностей найти кого-нибудь, с кем аннигилировать, и это в целом у всех получалось.

Но вскоре все изменилось. Космос продолжал расширяться и остывать, стал уже больше нынешней Солнечной системы, и температура стремительно упала ниже триллиона градусов.

**С момента Большого взрыва
прошла миллионная доля секунды**



Температуры и плотности остывшей Вселенной было уже недостаточно, чтобы выпекать кварки, поэтому все они расхватывали партнеров по танцам, создав крепкую новую семью тяжелых частиц под названием адроны (от древнегреческого «хадрос» – «густой», «толстый»). Переход от кварков к адронам вскоре привел к появлению протонов и нейтронов,

а также других, не таких знаменитых тяжелых частиц, которые состоят из всевозможных сочетаний кварков разных видов. В Швейцарии (вернемся на Землю) коллаборация физиков-ядерщиков (Европейский центр ядерных исследований, больше известный под аббревиатурой ЦЕРН) построила большой ускоритель, чтобы сталкивать потоки адронов в попытке воссоздать условия, существовавшие через миллионную долю секунды после Большого взрыва. Эта самая большая машина на свете называется, что логично, Большой адронный коллайдер.

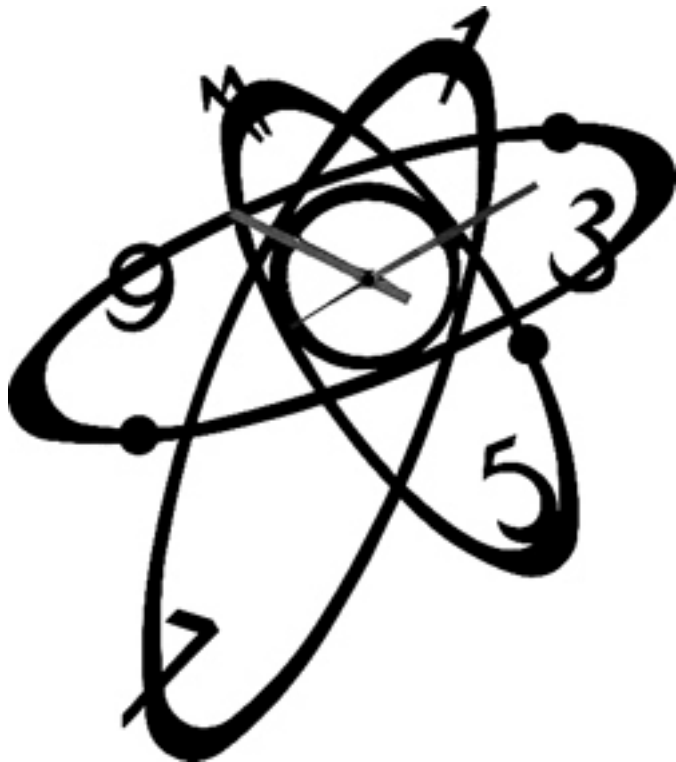
Легкая асимметрия вещества и антивещества в кварк-лептонном бульоне сказалась и на адронах, на сей раз это привело к поразительным результатам.

Вселенная продолжала остывать, и количество энергии, доступной для спонтанного создания частиц, уменьшалось. В адронную эру мимолетные фотоны уже не могли использовать $E = mc^2$ для создания пар кварков-антикварков. Мало того, фотоны, возникавшие при остаточных аннигиляциях, отдавали энергию расширяющейся Вселенной и охлаждались ниже порога, необходимого для создания пар адронов-антиадронов. На каждый миллиард аннигиляций, порождавших миллиард фотонов, оставался один адрон. Этим-то одиночкам и досталось все веселье: они стали источником вещества, из которого возникли галактики, звезды, планеты и тюльпаны.

Если бы между веществом и антивеществом не было пе-

ревеса в одну частичку на миллиард, вся масса во Вселенной аннигилировала бы, и остался бы космос, состоящий из фотонов *и больше ничего*: «да будет свет», доведенное до предела.

И вот прошла секунда



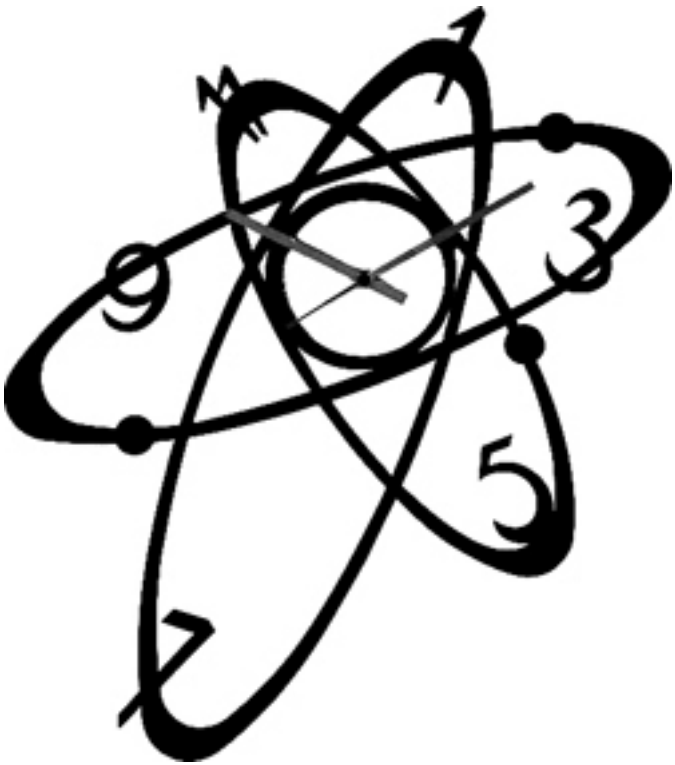
Вселенная достигла размеров в несколько световых лет¹ – примерно таково расстояние от Солнца до ближайших звезд. По-прежнему довольно жарко – миллиард градусов – и при этой температуре продолжается выпечка электронов, кото-

¹ Световой год – расстояние, которое свет проходит за один земной год, около десяти триллионов километров.

рые то появляются, то исчезают вместе со своими собратьями-позитронами. Но в постоянно расширяющейся и остывающей Вселенной их дни (точнее, секунды) сочтены. Закон, действовавший сначала для кварков, потом для адронов, действует и для электронов: в конце концов остается только один электрон на миллиард. Остальные аннигилируют с позитронами, своими двойниками из антивещества, в море фотонов.

Примерно в это время на каждый протон «замораживается» по одному электрону. Космос остывает, температура падает уже ниже ста миллионов градусов, и протоны связываются с другими протонами, а также с нейтронами: так формируются ядра атомов и зарождается Вселенная, в которой 90 % ядер – водород и 10 % – гелий плюс мизерное количество дейтерия («тяжелого» водорода), трития (еще более тяжелого водорода) и лития.

**С момента Большого взрыва
прошло уже две минуты**



После этого еще 380 000 лет ничего особенного с нашим бульоном из частиц не происходит. Все эти тысячелетия температура достаточно высока, чтобы электроны свободно летали среди фотонов, раскидывая их туда-сюда по мере взаимодействия друг с другом.

Однако этой вольнице приходит конец, как только темпе-

ратура Вселенной опускается ниже 3000 градусов (примерно вдвое ниже температуры видимой поверхности Солнца) и свободные электроны начинают присоединяться к ядрам. В результате этого союза все кругом заливают видимый свет, навсегда запечатлев в небесах, где в этот момент находилось все вещество, и образование частиц и атомов в первичной Вселенной завершается.

В первый миллиард лет Вселенная продолжала расширяться и остывать, а вещество силой гравитации стягивалось в массивные конгломераты, которые мы зовем галактиками. Их сформировалось почти сто миллиардов, в каждой – сотни миллиардов звезд, в ядрах которых шел термоядерный синтез. Эти звезды, масса которых была примерно в десять раз больше массы Солнца, создавали в своих недрах давление и температуру, при которых вырабатываются десятки химических элементов тяжелее водорода, в том числе и те, из которых состоят планеты и всевозможная жизнь на них, если она есть.

Галактик сформировалось почти сто миллиардов, в каждой – сотни миллиардов звезд, в ядрах которых шел термоядерный синтез.

Если бы эти элементы оставались там же, где возникли, от них не было бы решительно никакого толку. Однако массивные звезды то и дело взрываются, и их химически обогащенные ошметки разлетаются по всей галактике. После девяти миллиардов лет подобной мелиорации в ничем не при-

мечательной области Вселенной (на задворках Сверхскопления Девы), в ничем не примечательной галактике (Млечный Путь), в ничем не примечательном уголке (Рукав Ориона) родилась ничем не примечательная звездочка (Солнце). Газовое облако, из которого сформировалось Солнце, содержало столько тяжелых элементов, что их хватило на сложный арсенал вращающихся по орбитам небесных тел – несколько каменистых и газовых планет, сотни тысяч астероидов и миллиарды комет. Первые несколько сотен миллионов лет на более крупные тела падал и налипал всевозможный мусор со случайных орбит. При этом происходили высокоэнергичные столкновения на большой скорости, отчего поверхности каменистых планет плавилась, и на них не могли образовываться сложные молекулы. Когда в Солнечной системе осталось меньше свободно путешествующего вещества, поверхности планет начали остывать. Та, которую мы зовем Землей, сформировалась в так называемом «Поясе Златовласки» вокруг Солнца – на таком расстоянии от звезды, что ее океаны остаются по большей части в жидком виде. Если бы Земля была значительно ближе к Солнцу, океаны испарились бы. А если бы значительно дальше, они замерзли бы. В обоих случаях жизнь в том виде, в каком мы ее знаем, не могла бы зародиться.

Через девять миллиардов лет в ничем не примечательной области Вселенной (на задворках Сверхскопления Девы), в ничем не примечательной

галактике (Млечный Путь), в ничем не примечательном уголке (Рукав Ориона) родилась ничем не примечательная звездочка (Солнце).

В глубинах жидких океанов, богатых различными химическими элементами, благодаря механизму, который нам еще предстоит открыть, органические молекулы превратились в живые существа, способные к самовоспроизводству. В этом первобытном бульоне преобладали простые анаэробные бактерии – жизнь, бурно развивающаяся в среде, лишенной кислорода, однако вырабатывающая химически активный кислород в качестве продукта своей жизнедеятельности. Эти первые одноклеточные организмы непреднамеренно насытили кислородом атмосферу Земли, богатую углекислым газом, и в результате она стала пригодной для обитания аэробных организмов, которые, возникнув, заполонили и океаны, и сушу.

Те же атомы кислорода, которые обычно встречаются в парах (в виде молекул O_2), в верхних слоях атмосферы объединялись по три и образовывали озон (O_3), который служит щитом, оберегающим поверхность Земли от большей части ультрафиолетовых фотонов Солнца, разрушающих молекулы.

Удивительным разнообразием жизни на Земле – и, надо думать, еще где-нибудь во Вселенной – мы обязаны изобилию в космосе углерода и бесчисленному множеству простых и сложных углеродосодержащих молекул. Сомнений

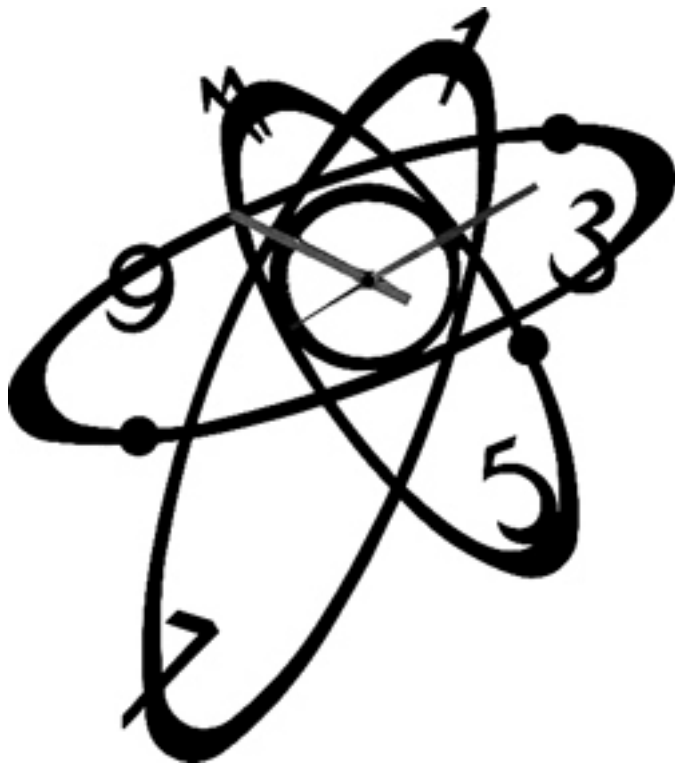
быть не может: различных молекул на основе углерода гораздо больше, чем всех остальных видов молекул вместе взятых.

Однако жизнь очень хрупка. Случайные встречи Земли с большими заблудившимися кометами и астероидами, что раньше случалось сплошь и рядом, то и дело вносили полнейший хаос в ее экосистему. Всего-то 65 миллионов лет назад (меньше 2 % возраста Земли) примерно туда, где теперь находится полуостров Юкатан, врезался астероид массой в триллион тонн, отчего погибло более 70 % земной флоры и фауны, в том числе все знаменитые огромные динозавры.

Вымирание. Эта экологическая катастрофа дала нашим предкам-млекопитающим возможность перестать служить закуской для тираннозавров и заполнить только что освободившиеся ниши. Одна ветвь млекопитающих с большим мозгом, которых мы зовем приматами, эволюционировала в род и вид *Homo sapiens*, которому хватило ума, чтобы изобрести научные методы и инструментарий – и сделать выводы о происхождении и эволюции Вселенной.

Вымирание. Эта экологическая катастрофа дала нашим предкам-млекопитающим возможность перестать служить закуской для тираннозавров и заполнить только что освободившиеся ниши.

А что было до всего этого? Что происходило до начала всего?



Об этом астрофизики понятия не имеют. Точнее, наши

самые творческие идеи на этот счет пока не могут опереться практически ни на какие экспериментальные факты. Именно поэтому некоторые религиозные люди не без высокомерия утверждают, что с чего-то все должно было начаться – что здесь налицо воздействие какой-то особенно мощной силы и должен был быть какой-то первоисточник, положивший начало всему. Перводвигатель. С точки зрения человека верующего это, безусловно, Бог.

Но, может быть, Вселенная была всегда – в каком-то состоянии, которое нам еще предстоит определить? Например, существует множественная Вселенная, непрерывно порождающая дочерние? Или, может быть, Вселенная взяла и возникла из ничего? Или все, что мы знаем и любим, – не более чем компьютерная модель, созданная для забавы какой-то сверхразумной расой инопланетян?

Подобные предположения интересны с философской точки зрения, но, как правило, никого не удовлетворяют. Зато напоминают нам, что невежество – естественное состояние сознания ученого-исследователя. Люди, которые считают, что всё знают, либо никогда не искали, либо никогда не натыкались на границу между изведанной и неизведанной Вселенной.

Люди, которые считают, что всё знают, либо никогда не искали, либо никогда не натыкались на границу между изведанной и неизведанной Вселенной.

Однако мы точно знаем и можем утверждать безо всяких

сомнений, что у Вселенной было начало. Вселенная продолжает развиваться. И да, биографию каждого атома в нашем организме можно проследить до Большого взрыва и термоядерных топок в недрах массивных звезд, взорвавшихся более пяти миллиардов лет назад. Мы – ставшая живой звездная пыль, которой Вселенная дала силы постичь саму себя, и мы еще только-только приступили к этой задаче.

2. На Земле как на небе

Пока сэр Исаак Ньютон не записал закон всемирного тяготения, ни у кого не было причин полагать, что у нас дома действуют те же самые законы физики, что и во всей остальной Вселенной. На Земле все земное, а на небесах – небесное. Согласно христианскому вероучению той эпохи, небесами управлял Бог, поэтому мы, жалкие смертные, не в силах были постичь происходящее там. Когда Ньютон разрушил этот философский барьер, показав, что всякое движение постижимо и предсказуемо, некоторые богословы обрушились на него с критикой, поскольку получалось, что Творцу в нашем мире нечего делать. Ньютон рассудил, что та же сила тяготения, которая заставляет спелые яблоки в наших садах падать на землю, ведет и брошенные под углом тела по их кривым траекториям и направляет Луну по орбите вокруг Земли. Закон всемирного тяготения Ньютона также направляет по орбитам вокруг Солнца планеты, астероиды и кометы и удерживает на орбитах сотни миллиардов звезд в нашей галактике Млечный Путь.

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.