

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!

Удивительная Вселенная

Нил Тайсон

**Астрофизика с космической
скоростью, или Великие тайны
Вселенной для тех, кому некогда**

«АСТ»

2017

УДК 524
ББК 22.632

Тайсон Н. Д.

Астрофизика с космической скоростью, или Великие тайны Вселенной для тех, кому некогда / Н. Д. Тайсон — «АСТ», 2017 — (Удивительная Вселенная)

ISBN 978-5-17-982975-1

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.

УДК 524
ББК 22.632

ISBN 978-5-17-982975-1

© Тайсон Н. Д., 2017

© АСТ, 2017

Содержание

Предисловие	8
1. Самая главная история	9
2. На Земле как на небе	17
3. Да будет свет	22
4. Между галактик	27
Конец ознакомительного фрагмента.	28

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 «Теорию 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 поднимать 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 толчкам подвергаясь,
Всякие виды пройдя сочетаний и разных движений,
В расположения 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.

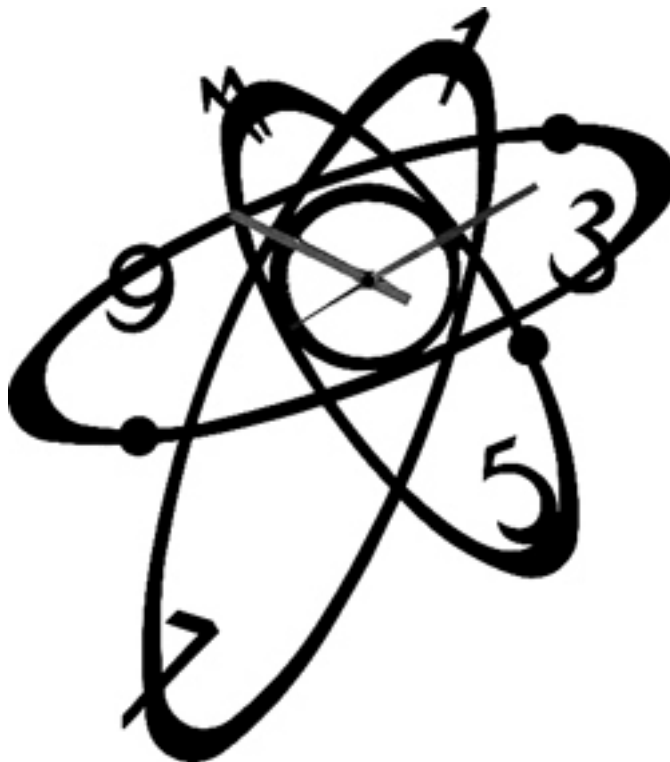
В 1916 году Эйнштейн выдвинул общую теорию относительности – современное представление о гравитации, согласно которому наличие вещества и энергии искривляет вокруг себя ткань пространства и времени. В двадцатые годы прошлого века была разработана квантовая механика – современное представление о микромире, 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 вещества 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 антисопратьев, 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 ника-

кой 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 больше) 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!

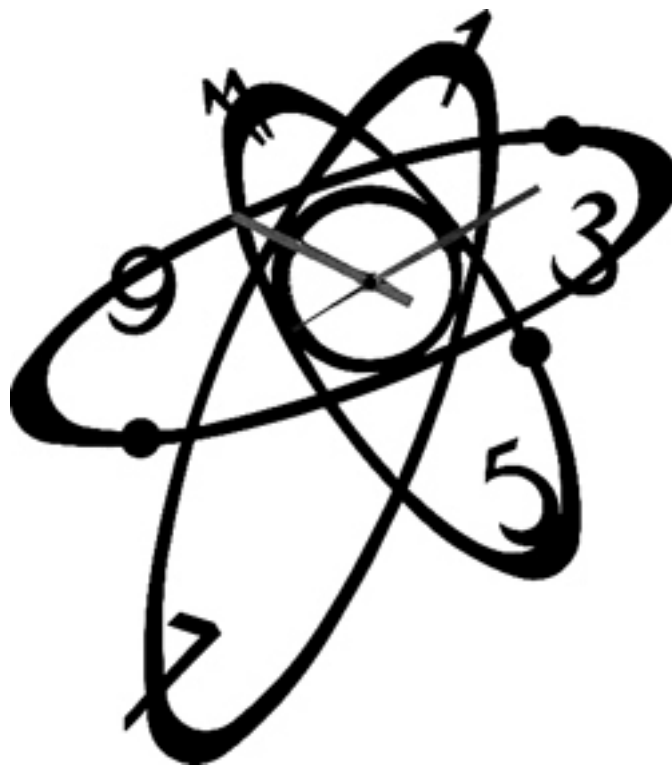
Кварки – те еще фрукты. Изловить отдельный кварк нельзя, он всегда цепляется за соседние.

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 антикварков, 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



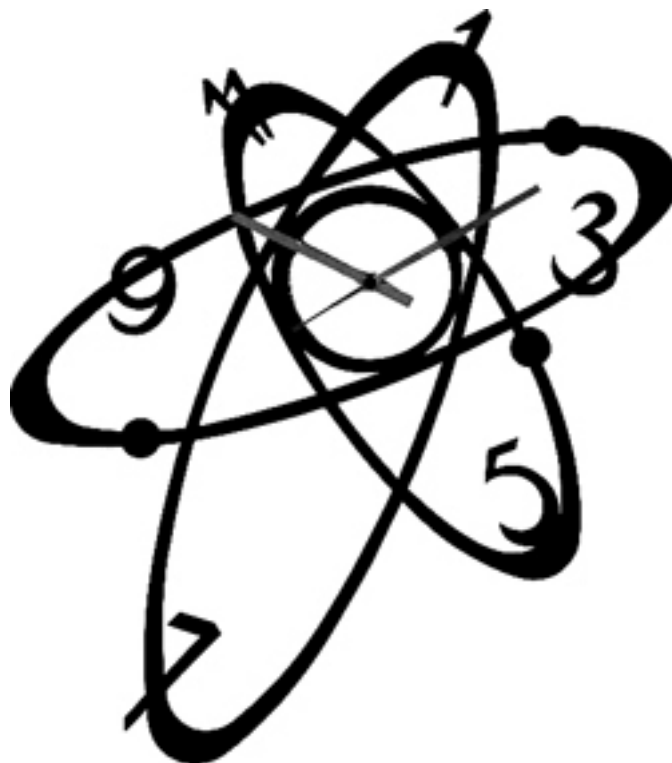
Температуры и плотности остывшей Вселенной было уже недостаточно, чтобы выпекать кварки, поэтому все они расхватали партнеров по танцам, создав крепкую новую семью тяжелых частиц под названием адроны (от древнегреческого «хадрос» – «густой», «толстый»). Переход от кварков к адронам вскоре привел к появлению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

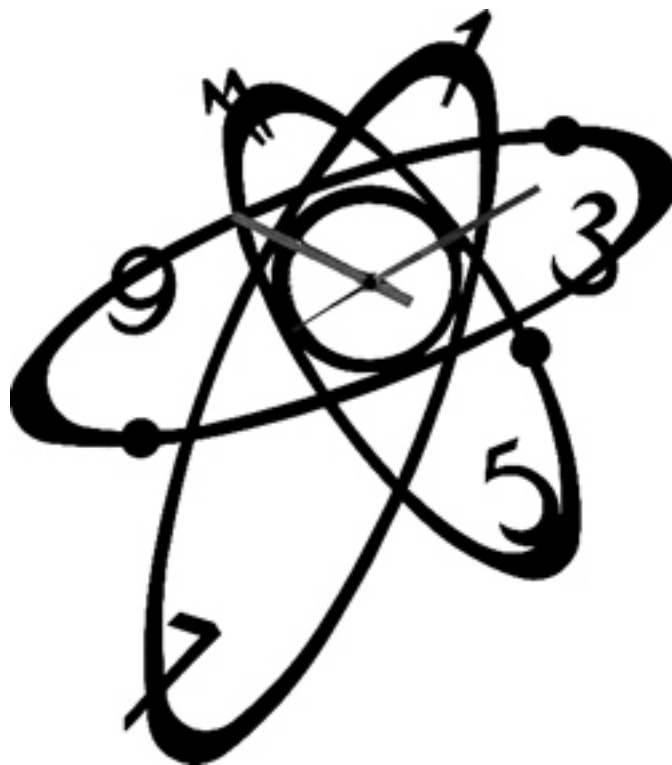


Вселенная достигла размеров в несколько световых лет¹ – примерно таково расстояние от Солнца до ближайших звезд. По-прежнему довольно жарко – миллиард градусов – и при этой температуре продолжается выпечка электронов, которые то появляются, то исчезают вместе со своими собратьями-позитронами. Но в постоянно 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

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



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 температура 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 заливает 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 мелiorации 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). Газовое облако, из которого сформировалось Солнце, содержало столько тяжелых элементов, что их хватило на сложный арсенал вращающихся по орбитам небесных тел – несколько каменных 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 про-

исходили высокоэнергичные столкновения на большой скорости, отчего поверхности каменных 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, заполнили 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.

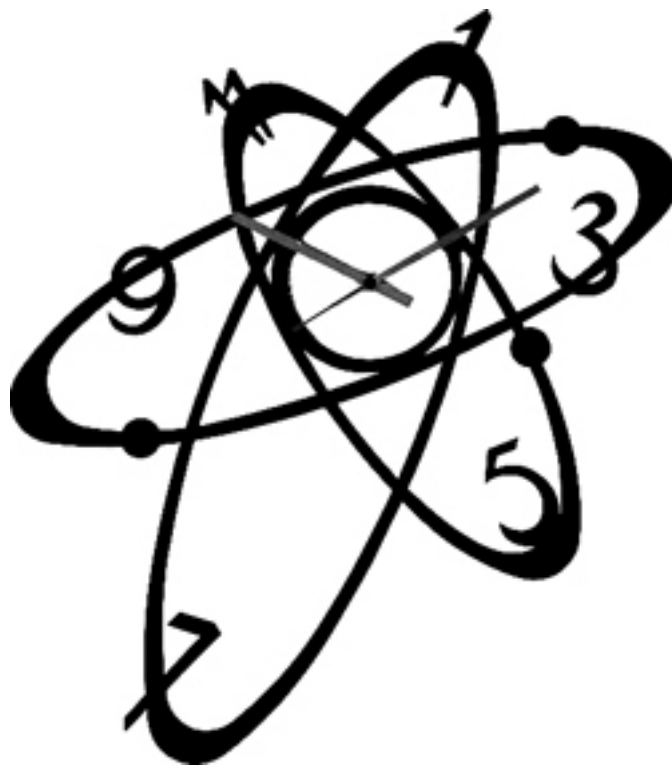
Удивительным разнообразием жизни на Земле – и, надо думать, еще где-нибудь во Вселенной – мы обязаны изобилию в космосе углерода и бесчисленному множеству простых и сложных углеродосодержащих молекул. Сомнений быть не может: различных молекул на основе углерода гораздо больше, чем всех остальных видов 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.

Универсальность физических законов – главный движитель научного прогресса. И всемирное тяготение было только началом. Только представьте себе, какое волнение охватило астрономов XIX века, когда они впервые направили на Солнце лабораторные призмы, расщеплявшие световые лучи на цветовой спектр. Спектры не просто красивы, они еще и содержат бездну информации об объекте, излучающем свет, в том числе о его температуре и составе. Химические элементы выдают себя уникальной последовательностью светлых и темных полос, рассекающих спектр. К величайшему восторгу и изумлению ученых, химические сигнатуры Солнца оказались точно такими же, как и у лабораторных веществ. Призма перестала быть инструментом одних лишь химиков и показала, что при всем различии Земли и Солнца по размеру, массе, температуре, местоположению и внешнему виду состав у обоих одинаков – водород, углерод, кислород, азот, кальций, железо и так далее. Но главное даже не перечень общих ингредиентов, а понимание, что формирование этих спектральных сигнатур на Солнце – на расстоянии 150 миллионов километров – определялось теми же самыми законами физики, что и на Земле.

Понятие об универсальности оказалось таким плодотворным, что его удалось успешно применить и в обратную сторону. Дальнейший анализ солнечного спектра выявил сигнатуру неизвестного на Земле элемента. Поскольку речь шла о солнечном веществе, новый элемент получил название «гелий» от древнегреческого слова «гелиос» – «Солнце», – и лишь потом был открыт в лаборатории. Таким образом, гелий стал первым и единственным элементом из таблицы Менделеева, который открыли не на Земле, а в другом месте.

Понятие об универсальности оказалось таким плодотворным, что его удалось успешно применить и в обратную сторону.

Итак, законы физики действуют по всей Солнечной системе – а на другом конце Галактики? На другом конце Вселенной? В прошлом и в будущем? Их испытывали и проверяли шаг за шагом. Знакомые химические элементы обнаружились и на ближайших звездах. Далекие двойные звезды, вращающиеся по орбите друг вокруг друга, похоже, знают все о Ньютонских законах тяготения. Двойные галактики, видимо, тоже.

И чем дальше мы заглядываем в пространство, тем глубже смотрим в прошлое – это как слоистые осадочные породы для геолога. В спектрах самых дальних объектов во Вселенной видны те же химические сигнатуры, что и в наших окрестностях в пространстве и времени. Конечно, в далеком прошлом тяжелых элементов было меньше, они выработались, по большей части, при взрывах звезд следующих поколений, однако атомные и молекулярные процессы, создавшие эти спектральные сигнатуры, описываются все теми же законами. В частности, так

называемая постоянная тонкой структуры, которая определяет основные особенности спектральной сигнатуры химических элементов, не менялась, по-видимому, миллиарды лет.

В спектрах самых дальних объектов во Вселенной видны те же химические сигнатуры, что и в наших окрестностях в пространстве и времени.

Разумеется, не у всех вещей и явлений в космосе есть земные аналоги. Вам, скорее всего, не доводилось проходить сквозь облако светящейся плазмы температурой миллион градусов, и, ручаюсь, вы никогда не раскланивались на улице с черной дырой. Главное – универсальность физических законов, которые описывают даже такие неземные объекты. Когда спектральный анализ впервые применили к свету, исходящему от межзвездных облаков, была обнаружена сигнатура, у которой тоже не было земного аналога. В таблице Менделеева вроде бы не оказалось подходящего места для нового элемента. Тогда астрофизики придумали временное название «небулий» – пусть побудет, пока не удастся разобраться, что к чему. Со временем выяснилось, что газовые облака в космосе до того разрежены, что атомы пролетают огромные расстояния, ни с чем не сталкиваясь. В таких условиях электроны внутри атомов могут выделять фокусы, которые не наблюдаются в земных лабораториях. Сигнатура небулия принадлежала обычному кислороду, просто он вел себя необычно.

Универсальность физических законов свидетельствует, что, если мы высадимся на другую планету с развитой цивилизацией, тамошняя наука будет опираться на те же самые законы, что мы открыли и проверили здесь, на Земле.

Универсальность физических законов свидетельствует, что, если мы высадимся на другую планету с развитой цивилизацией, тамошняя наука будет опираться на те же самые законы, что мы открыли и проверили здесь, на Земле, – даже если политические и общественные устои у них окажутся совсем другими. Более того, если вам захочется поговорить с пришельцами, они совершенно точно не поймут ни английского, ни французского, ни даже китайского. И никто не сможет предсказать, как они отнесутся к рукопожатию, даже если отростки у них на теле и вправду руки: как к знаку мира или как к объявлению войны. Так что лучше всего общаться на языке науки. Такая попытка была предпринята в 70-е годы прошлого века, когда были запущены «Пионер-10», «Пионер-11», «Вояджер-1» и «Вояджер-2». У этих четырех космических зондов было достаточно энергии, чтобы с помощью гравитации планет-гигантов вырваться за пределы Солнечной системы. На «Пионерах» были установлены золотые пластинки с выгравированными научными пиктограммами, изображавшими устройство Солнечной системы, наше местоположение в галактике Млечный Путь и структуру атома водорода. «Вояджеры» на этом не остановились – на них летит и золотая грампластинка с записью различных звуков матери-Земли, в том числе сердцебиение человека, песни китов и избранные музыкальные композиции со всего мира, в частности, произведения Бетховена и Чака Берри. Это сделало послание более человечным, однако неясно, способны ли уши инопланетян разобрать, что они слышат, даже если предположить, что у них вообще есть уши. Моя любимая пародия на этот жест – шутка из телепередачи «Saturday Night Live» на канале NBC, где показали письменный ответ от инопланетян, обнаруживших космический зонд. В записке лаконично говорилось: «Пришлите еще Чака Берри».

Научному прогрессу способствует не только универсальность физических законов, но и существование и неизменность физических постоянных.

Научному прогрессу способствует не только универсальность физических законов, но и существование и неизменность физических постоянных. Величина гравитационной постоянной, она же постоянная Ньютона, или G , определяет силу гравитационного взаимодействия в ньютоновском уравнении всемирного тяготения. Неизменность гравитационной постоянной в

течение огромных периодов времени неоднократно подвергали косвенной проверке. Если проделать некоторые вычисления, можно определить, что от гравитационной постоянной сильно зависит светимость звезд. То есть если бы величина G в прошлом хоть немного отличалась от нынешней, количество энергии, выделяемой Солнцем, изменилось бы так сильно, что это противоречило бы имеющимся у нас биологическим, климатологическим и геологическим данным.

Вот такова однородность нашей Вселенной.

* * *

Самая знаменитая постоянная – это скорость света. Как ни несись, луч света не обгонишь. А почему? Не было проведено ни одного эксперимента, который бы показал, что какое-то тело в любой форме достигло скорости света. Об этом говорят – и опираются на это – надежные законы физики. Да, подобные заявления на первый взгляд кажутся косными и уzkолобыми. В прошлом от имени науки не раз и не два выступали отъявленные ретрограды, и это подорвало репутацию блестящих инженеров и изобретателей: «Мы никогда не полетим», «Полеты никогда не удастся оправдать коммерчески», «Мы никогда не расщепим атом», «Мы никогда не преодолеем звуковой барьер», «Мы никогда не попадем на Луну». Однако у всех этих заявлений есть одна общая черта: им никогда не мешали установленные законы физики. А когда мы говорим, что «никогда не обгоним луч света», это качественно иное высказывание. Оно основано на фундаментальных, проверенных временем физических принципах. На дорожных знаках для звездолетчиков будущего по праву будет написано:

**Скорость света —
Не просто отличная мысль.
Это закон.**

У законов физики, в отличие от ограничений скорости на земных дорогах, есть одна приятная черта: чтобы их соблюдать, не нужна никакая полиция, хотя у меня была когда-то футболка с шуточной надписью «Покорись гравитации».

Все измерения показывают, что известные нам фундаментальные постоянные и соответствующие законы физики не зависят ни от времени, ни от положения в пространстве. Это в буквальном смысле универсальные постоянные величины.

* * *

Многие природные явления – результат одновременного действия множества физических законов. А это зачастую осложняет анализ и в большинстве случаев требует мощных компьютеров, чтобы вычислить, что происходит, и при этом не растерять важные параметры системы. Когда комета Шумейкера-Леви-9 в июле 1994 года врезалась в газовую атмосферу Юпитера, а потом взорвалась, самая точная компьютерная модель учитывала законы гидродинамики, термодинамики, кинематики и гравитации. Еще один наглядный пример сложных (и труднопредсказуемых) явлений – погода и климат. Однако в их основе лежат все те же фундаментальные законы. Большое Красное пятно на Юпитере – гигантский антициклон, бушующий на протяжении как минимум 350 лет, – управляется теми же физическими процессами, что и бури и ураганы на Земле или еще где-нибудь в Солнечной системе.

Есть и еще одна разновидность вселенских истин – законы сохранения, согласно которым какая-то измеряемая величина остается неизменной *в любых обстоятельствах*. Три главных закона сохранения – это сохранение массы и энергии, сохранение линейного и углового момента импульса и сохранение электрического заряда. Эти законы действуют и на Земле, и

езде, куда нам пришло в голову заглянуть, – от царства физики частиц до крупномасштабной структуры Вселенной.

Три главных закона сохранения – это сохранение массы и энергии, сохранение линейного и углового момента импульса и сохранение электрического заряда.

Но хвастаемся мы напрасно: даже в раю нет совершенства. Дело в том, что мы не видим, не осязаем, не чувствуем на вкус источник 85 % гравитации, которую намерили во Вселенной. Эта загадочная темная материя, которая не проявляет себя ни в чем, кроме гравитационного воздействия на видимое вещество, вероятно, состоит из экзотических частиц, которые нам еще предстоит открыть. Однако некоторые астрофизики – их меньшинство – не уверены в этом и предполагают, что никакой темной материи нет, нужно просто подправить закон всемирного тяготения Ньютона. Стоит добавить в уравнение несколько слагаемых, и все сойдется.

Мы имеем право говорить о законе с уверенностью лишь в том диапазоне условий, в каком этот закон был испытан и подтвержден.

Возможно, когда-нибудь мы узнаем, что закон всемирного тяготения и правда нуждается в уточнении. Ничего страшного. Такое уже один раз было. Общая теория относительности, которую выдвинул Эйнштейн в 1916 году, расширила принципы гравитации Ньютона, чтобы их можно было применять к сверхмассивным телам. Закон всемирного тяготения Ньютона при таком обобщении перестает действовать, о чем сам Ньютон не знал. Отсюда мораль: мы имеем право говорить о законе с уверенностью лишь в том диапазоне условий, в каком этот закон был испытан и подтвержден. Чем шире диапазон, тем мощнее закон и тем точнее он описывает мироздание. В домашних условиях Ньютоновский закон гравитации работает превосходно. С его помощью в 1969 году мы слетали на Луну и благополучно вернулись на Землю. Однако если дело доходит до черных дыр и крупномасштабной структуры Вселенной, нам требуется общая теория относительности. С другой стороны, когда мы подставляем маленькие массы и маленькие скорости в уравнения Эйнштейна, они буквально (точнее, математически) превращаются в уравнения Ньютона – и это хороший повод быть уверенными в том, что мы все понимаем правильно.

* * *

С точки зрения ученого универсальность физических законов делает космос на диво простым. Особенно по сравнению, скажем, с природой человека, сферой интересов психолога: здесь все гораздо запутаннее.

В Америке местные школьные советы определяют голосованием, какие предметы преподавать. В некоторых случаях результаты голосования зависят от прихотей культурной, политической или религиозной моды. Разница в системе убеждений в разных частях планеты привела к политическим различиям, которые не всегда поддаются мирному урегулированию. А красота и мощь физических законов в том и состоит, что они действуют везде и не зависят от того, кто в них верит, а кто нет.

Иначе говоря, все, кроме законов физики, – не более чем мнение.

Красота и мощь физических законов в том и состоит, что они действуют везде и не зависят от того, кто в них верит, а кто нет.

Не то чтобы ученые не спорят друг с другом. Мы спорим. Еще как. Но при этом мы, как правило, выражаем мнения об интерпретации недостаточных или досадных данных, находящихся на переднем крае наших познаний. Если же в качестве аргумента можно привести тот или иной физический закон, ясно, что спор будет кратким: нет, вечный двигатель вашей кон-

струкции никогда не заработает, поскольку нарушает хорошо проверенные законы термодинамики. Нет, нельзя создать машину времени, чтобы вернуться в прошлое и убить собственную мать до своего рождения: это нарушает законы причины и следствия. И невозможно спонтанно взмыть в воздух и воспарить над землей, не нарушив закон сохранения импульса, – даже если сидишь в позе лотоса (хотя проделать такой фокус в принципе возможно, если испускать мощный и постоянный поток газов).

Знание законов физики в некоторых случаях придает уверенности в себе и помогает противостоять высокомерным невеждам. Несколько лет назад я был в Калифорнии и заказал в одном кафе в Пасадене чашку какао. Разумеется, со взбитыми сливками. Но когда заказ принесли, я не увидел ни намека на сливки. А когда я сказал официанту, что мне подали какао без сливок, тот заверил меня, что я их просто не вижу, поскольку они утонули в какао. Однако у взбитых сливок очень низкая плотность, поэтому они плавают во всех жидкостях, которые пьют люди. Так что я предложил официанту на выбор два варианта: либо кто-то забыл положить мне в чашку взбитые сливки, либо в этом кафе действуют альтернативные законы физики. Официанта это не убедило, и он в знак протеста принес ложку взбитых сливок, чтобы доказать свою правоту. Шарик сливок, попрыгав, как мячик в волнах, благополучно всплыл на поверхность. Самое что ни на есть наглядное доказательство универсальности законов физики!

Знание законов физики в некоторых случаях придает уверенности в себе и помогает противостоять высокомерным невеждам.

3. Да будет свет

После Большого взрыва главным занятием Вселенной было расширение, отчего концентрация заполнявшей пространство энергии постоянно падала. С каждым мгновением Вселенная становилась чуть-чуть больше, чуть-чуть холоднее и чуть-чуть темнее. Между тем вещество и энергия вместе составляли своего рода мутный бульон, в котором шальные электроны все время рассеивали во все стороны фотоны.

Примерно так все и шло целых 380 000 лет. В эту раннюю эпоху фотоны не успевали далеко улететь – на пути обязательно попадался электрон. Если бы в эту эпоху вашей задачей было посмотреть сквозь Вселенную, у вас бы ничего не вышло. Любой зарегистрированный вами фотон за несколько нано- или пикосекунд до этого наверняка отразился бы от какого-нибудь электрона прямо у вас под носом (одна наносекунда – миллиардная доля секунды, а пикосекунда – триллионная доля секунды). Поскольку таково было самое большое расстояние, какое могла пройти неискаженная информация, прежде чем достичь ваших глаз, вся Вселенная, куда ни посмотри, была тогда просто светящимся непрозрачным туманом. Сегодня Солнце и остальные звезды выглядят внутри себя точно так же.

Температура Вселенной падает, и частицы движутся все медленнее и медленнее. И вот в тот самый момент, когда температура впервые опустилась за красную отметку в 3000 градусов, электроны замедлились ровно настолько, чтобы их захватывали пролетающие мимо протоны, – и так миру явились полноценные атомы. Это позволило фотонам, к которым раньше все приставали, освободиться и беспрепятственно перелетать через всю Вселенную.

Так получился «космический фон» – остаточный свет ослепительной, раскаленной ранней Вселенной, – и у него есть температура, которую можно измерить, определив, в какой части спектра находится больше всего фоновых фотонов. Космос продолжал остывать, и фоновые фотоны, родившиеся в видимой части спектра, при расширении Вселенной теряли энергию и соскальзывали вниз по спектру, превращаясь в инфракрасные фотоны. Становясь слабее, они все же не переставали быть фотонами.

Какой диапазон у нас еще ниже по спектру? С тех пор, как фотоны освободились, Вселенная расширилась в 1000 раз, так что сегодня космический фон тоже оказался в 1000 раз холоднее. Фоновые фотоны, родившиеся в видимом диапазоне, теперь стали в 1000 раз менее энергичными и оказались в микроволновом диапазоне – отсюда и взялось современное выражение «реликтовое космическое микроволновое излучение». Пройдет 50 миллиардов лет – и астрофизики будущего напишут о реликтовом радиоволновом излучении.

Когда что-то раскалено и светится, оно излучает свет во всех частях спектра, но где-нибудь обязательно будет пик. Обычные лампочки, в которых по старинке еще есть нить накаливания, достигают пика в инфракрасном диапазоне и именно поэтому считаются не очень эффективными источниками видимого света. Инфракрасное излучение наши органы чувств воспринимают только как ощущение тепла на коже. Светодиодная революция в современной технологии освещения позволила получать чистый видимый свет, не тратя ватты на невидимые части спектра. Именно это и означают безумные на первый взгляд рекламные лозунги, которые пишут на упаковке: «Светодиодная лампа в 7 ватт заменяет лампу накаливания в 60 ватт».

Светодиодная революция в современной технологии освещения позволила получать чистый видимый свет, не тратя ватты на невидимые части спектра.

Поскольку реликтовое космическое излучение произошло от сильно нагретого вещества, спектральный профиль у него именно такой, какой бывает у светящегося, но остывающего предмета: где-то у него есть пик, но светится он и в остальных частях спектра. В данном случае,

помимо пика в области микроволнового излучения, наблюдаются и фоновые радиоволны, и исчезающее малое количество фоновых фотонов более высокой энергии.

В середине XX века у космологии (не путать с косметологией) было в распоряжении сравнительно мало данных. А когда данных недостаточно, возникает полным-полно конкурирующих гипотез, честолюбивых и хитроумных. Гипотезу о существовании реликтового космического излучения высказала в 40-е годы группа физиков во главе с Георгием Гамовым – американцем русского происхождения. Они основывались на работе бельгийского физика и священника Жоржа Леметра, опубликованной в 1927 году. Кстати, именно Леметра считают отцом космологии Большого взрыва. Однако первую оценку ожидаемой температуры реликтового излучения сделали американские физики Ральф Альфер и Роберт Герман в 1948 году. Их вычисления были основаны на трех столпах:

- 1) общей теории относительности Эйнштейна (1916);
- 2) открытию расширения Вселенной, которое сделал Эдвин Хаббл (1927);
- 3) достижениях лабораторной атомной физики до и во время Манхэттенского проекта, который привел к созданию атомных бомб во время Второй мировой войны.

Герман и Альфер получили температуру Вселенной, равную 5 градусам Кельвина. И, коротко говоря, ошиблись. Точные измерения температуры фонового микроволнового излучения показали, что она равна 2,725 градуса – иногда пишут просто 2,7 градуса, а если вы небрежно относитесь к цифрам, вам простят даже округление температуры Вселенной до 3 градусов.

Здесь мы ненадолго остановимся. Герман и Альфер опирались на скудные данные атомной физики, только что полученные в лаборатории, и применяли их к гипотетическим условиям ранней Вселенной. Исходя из этого, они экстраполировали результаты на миллиарды лет вперед и посчитали, какова должна быть температура Вселенной сегодня. И если их прогноз хотя бы приблизительно напоминал верный ответ, это поразительный триумф человеческого разума и проницательности. Они могли ошибиться в десять или в сто раз и вообще предсказать что-то, чего нет в природе. Американский астрофизик Дж. Ричард Готт заметил по этому поводу: «Предсказать, что фоновое излучение существует, а потом вычислить его температуру и ошибиться всего в два раза – это все равно что предсказать, что на лужайку перед Белым домом приземлится летающая тарелка диаметром 50 футов, и ошибиться только в том, что диаметр тарелки на самом деле окажется 27 футов».

* * *

Впервые непосредственно пронаблюдать космическое микроволновое излучение удалось в 1964 году, и сделали это совершенно случайно два американских физика – Арно Пензиас и Роберт Уилсон. Они работали в Телефонных лабораториях Белла – исследовательском подразделении Американской телефонно-телеграфной компании. В шестидесятые годы про микроволновое излучение знали все, но почти ни у кого не было в распоряжении техники, позволяющей его зарегистрировать. Лаборатории Белла были на переднем крае индустрии коммуникаций и придумали для этой цели особую приземистую рогатую антенну.

Начнем с того, что, если вы собираетесь отправлять или принимать какой-то сигнал, первым делом нужно избавиться от источников помех. Пензиас и Уилсон хотели измерить фоновые помехи в своем микроволновом приемнике, чтобы обеспечить чистую, лишенную шума связь в этом диапазоне. Они не были космологами. Обычные технари-кудесники, они всего-навсего налаживали микроволновой приемник и ничего не знали про гипотезы Гамова, Германа и Альфера.

Пензиас и Уилсон и не думали про космическое микроволновое излучение – им просто нужно было открыть для Американской телефонно-телеграфной компании новый диапазон частот.

Пензиас и Уилсон и не думали про космическое микроволновое излучение – им просто нужно было открыть для Американской телефонно-телеграфной компании новый диапазон частот.

Они провели эксперимент и вычли из своих данных все известные земные и космические источники помех, которые смогли определить, однако часть шумового сигнала никуда не делась, и исследователи никак не могли понять, как от нее избавиться. В конце концов они заглянули в тарелку антенны и увидели, что там поселились голуби. Тогда ученые решили, что шум, наверное, вызывает белый диэлектрик (голубиный помет), поскольку сигнал регистрировался отовсюду, куда бы они ни направляли детектор. Пензиас и Уилсон отчистили антенну от белого диэлектрика, шум немного снизился, однако заметный шумовой сигнал все же не исчез. В статье, которую они опубликовали в 1965 году, говорилось лишь о непонятной «избыточной антенной температуре» (A. A. Penzias and R. W. Wilson. «A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s», *The Astrophysical Journal* 142 (1965):419–21).

Тем временем группа принстонских ученых под руководством Роберта Дикке строила детектор, специально предназначенный для обнаружения фонового космического микроволнового излучения. Однако у них в распоряжении не было таких ресурсов, как в Лабораториях Белла, поэтому работа шла несколько медленнее. И в тот момент, когда Дикке с коллегами узнали о работе Пензиаса и Уилсона, принстонские физики сразу поняли, что это за наблюдаемая избыточная антенная температура. Все сходилось – и величина этой температура, и то, что сигнал шел со всех сторон, со всего неба.

В 1978 году Пензиас и Уилсон получили за свое открытие Нобелевскую премию. А в 2006 году американские астрофизики Джон К. Мазер и Джордж Ф. Смут разделили Нобелевскую премию за наблюдение фонового микроволнового космического излучения в широком спектральном диапазоне, в результате которого космология вышла из пеленок, перестав быть собранием интересных, но непроверенных идей, и перешла в область количественных точных наук, став полноценной отраслью экспериментальной физики.

* * *

Поскольку свету нужно время, чтобы дойти до нас из отдаленных уголков Вселенной, то, заглянув в глубокий космос, мы на самом деле видим, что происходило много эпох назад. Так что если разумные обитатели далекой-далекой галактики хотели бы измерить температуру фонового космического излучения в момент, который мы сейчас видим, получилось бы больше чем 2,7 Кельвина, поскольку в этот момент они жили в более молодой Вселенной, меньше и жарче нынешней.

Поскольку свету нужно время, чтобы дойти до нас из отдаленных уголков Вселенной, то, заглянув в глубокий космос, мы на самом деле видим, что происходило много эпох назад.

Оказывается, эту гипотезу можно проверить. Молекула цианида CN (когда-то его использовали как действующее вещество в составе газа, которым умерщвляли приговоренных к смертной казни) под воздействием микроволнового излучения переходит в возбужденное состояние. Если микроволновое излучение теплее, чем наше фоновое реликтовое, молекула возбуждается сильнее. В рамках модели Большого взрыва микроволновое излучение, которому

подвергается цианид в далеких, более молодых галактиках, должно быть теплее, чем сегодня в нашей галактике Млечный Путь. Именно эту картину мы и наблюдаем.

Подделать это невозможно.

А почему нас вообще интересует все это? Первые 380 000 лет после Большого взрыва Вселенная была непрозрачной, поэтому пронаблюдать возникновение вещества было невозможно, даже если бы мы с вами сидели в первом ряду. Нельзя было различить, где начинают формироваться скопления галактик и пустоты. Чтобы кто-то увидел что-то стоящее, фотоны должны были беспрепятственно пролететь через Вселенную и тем самым послужить переносчиками информации.

Первые 380 000 лет после Большого взрыва Вселенная была непрозрачной, поэтому пронаблюдать возникновение вещества было невозможно, даже если бы мы с вами сидели в первом ряду.

Транс-космическое путешествие каждого фотона начинается в той точке, где он налетел на последний электрон, очутившийся у него на пути, – в «точке последнего рассеяния». По мере того как фотоны беспрепятственно разбегаются в разные стороны, они создают расширяющуюся «поверхность» последнего рассеяния – глубиной примерно 120 000 лет. Это та самая поверхность, на которой родились все атомы во Вселенной: электрон присоединяется к атомному ядру, и крошечный выброс энергии в виде фотона улетает прочь в бурную алую даль.

К этому времени некоторые области Вселенной уже начали уплотняться благодаря гравитационному притяжению составляющих их частей. Фотоны, последними рассеявшиеся на электронах в этих областях, имеют несколько более холодный спектр, чем те, которые рассеялись на менее общительных электронах, болтающихся в пустоте. Там, где накапливается вещество, растет сила тяжести, благодаря чему туда стягивается еще больше вещества. Эти области стали зародышами сверхскоплений галактик, а в других областях по-прежнему было относительно пусто.

Если составить подробную карту фонового космического микроволнового излучения, окажется, что она не совсем ровная. Там есть участки чуть теплее и чуть холоднее среднего. Если изучить эти отклонения температуры фонового космического излучения, то есть поискать закономерности на поверхности последнего рассеяния, можно сделать выводы о структуре и составе вещества в ранней Вселенной. Чтобы определить, как возникали галактики, скопления и сверхскопления, мы опираемся на самые точные данные о фоновом излучении, мощную капсулу времени, которая дает астрофизикам возможность реконструировать историю Вселенной. Изучение его закономерностей – это что-то вроде космической френологии: мы ощупываем шишки на черепе новорожденной Вселенной.

Если сопоставить данные фонового космического излучения с другими наблюдениями современной и далекой Вселенной, можно выявить всевозможные фундаментальные свойства космоса. Сравните распределение размеров и температур теплых и холодных участков – и станет понятно, какой была сила гравитации в те времена, как быстро накапливалось вещество, и это, в свою очередь, подскажет, сколько во Вселенной было обычного вещества, темного вещества и темной энергии. А отсюда можно сделать непосредственный вывод о том, будет ли Вселенная расширяться вечно.

* * *

Обычное вещество – это вещество, из которого состоим все мы. Оно чувствительно к гравитации и взаимодействует со светом. Темное вещество – это таинственная субстанция, чувствительная к гравитации, но не взаимодействующая со светом никакими известными нам способами. Темная энергия – это загадочное давление вакуума (пустого пространства), кото-

рое действует противоположно гравитации и вынуждает Вселенную расширяться все быстрее. Наше френологическое обследование показывает, что мы понимаем, как вела себя Вселенная в эпоху последнего рассеяния, но оказывается, что эта Вселенная в основном состоит из субстанции, о которой нам ничего не известно. Однако, несмотря на наше глубочайшее невежество, сегодня у космологии наконец появилась зацепка, поскольку фоновое космическое излучение показывает, из какого портала вышли мы все. Именно здесь физика становится особенно интересной, именно так мы можем узнать, что творилось во Вселенной и до, и после того, как свет в ней обрел свободу.

Темное вещество – это таинственная субстанция, чувствительная к гравитации, но не взаимодействующая со светом никакими известными нам способами.

Само по себе открытие космического микроволнового излучения вывело космологию из сферы мифологии. Однако чтобы превратить ее в современную точную науку, потребовалась подробная карта фонового микроволнового излучения. Космологи очень высокого мнения о себе. Еще бы! Ведь их работа – выяснить, какова причина возникновения Вселенной! Но без данных их объяснения были лишь гипотезами. А теперь каждое новое наблюдение, каждая крупница данных служит сразу двум целям: во-первых, дает космологии такую же плодородную почву и надежный фундамент, как и у всех других точных и естественных наук, а во-вторых, отсеивает теории, которые люди выдумывали, когда данных было недостаточно и невозможно было сказать, правы они или нет.

Без этого никакая наука не может считаться зрелой.

4. Между галактик

При масштабной инвентаризации Вселенной и ее составляющих в первую очередь обычно подсчитывают галактики. По последним оценкам, в наблюдаемой Вселенной их примерно сто миллиардов. Галактики – яркие, красивые, набитые звездами – украшают темные пустые бездны пространства, будто города – ночной пейзаж под крылом самолета. Но насколько на самом деле пусты эти пустые бездны? (Насколько пусты поля и луга между городами?) Если галактики бросаются в глаза и убеждают нас, что все остальное неважно, это не значит, что в пространстве между галактиками не таится много такого, что труднее пронаблюдать. Не исключено, что это даже интереснее или важнее для эволюции Вселенной, чем сами галактики.

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.