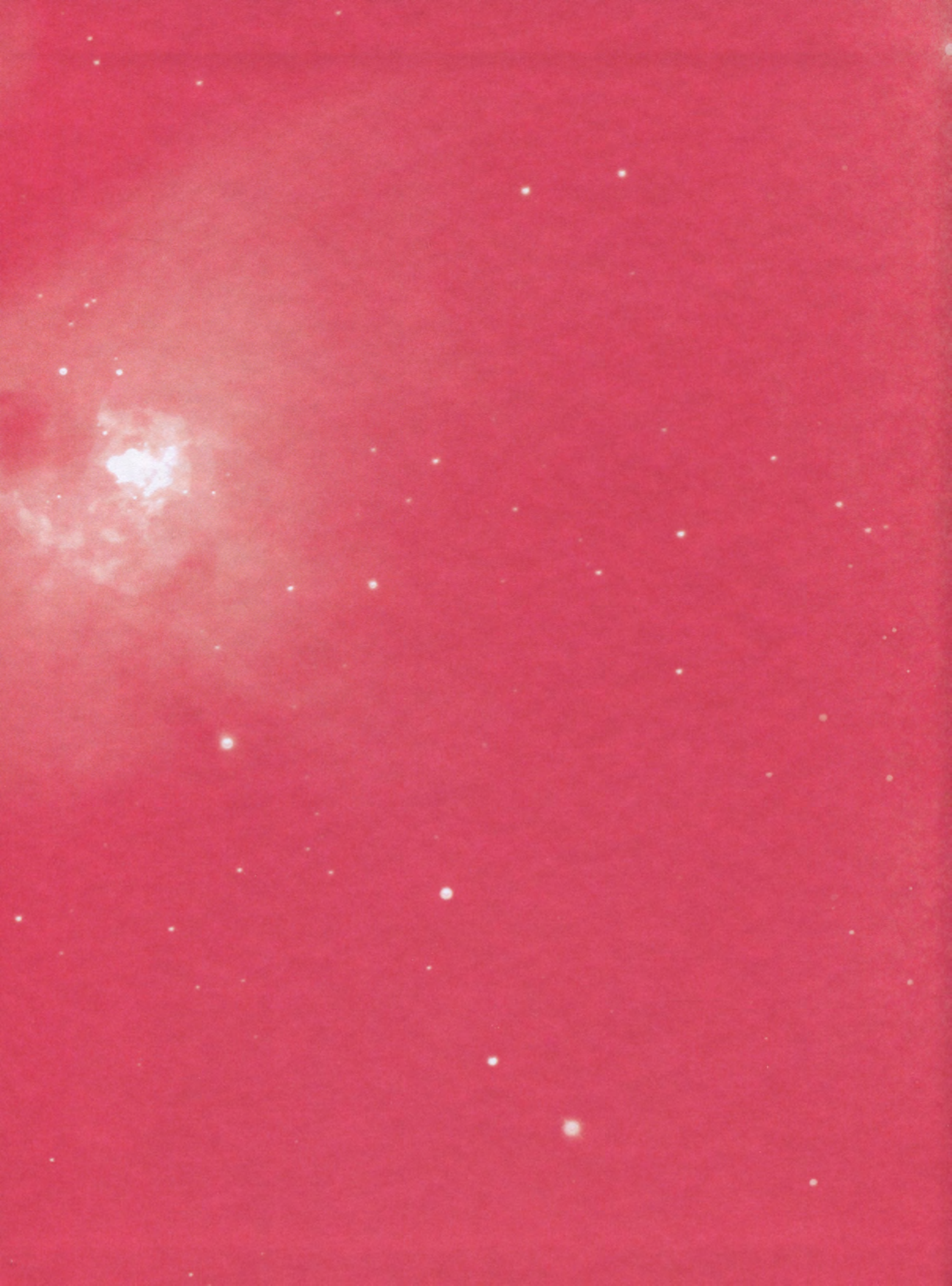
BBC БИ-БИ-СИ ПРЕДСТАВЛЯЕТ
ЧУДЕСА ВСЕЛЕННОЙ
ПРОФЕССОР
БРАЙАН КОКС
И ЭНДРЮ КОЭН
ТАЙНЫ АНДРОМЕДЫ * ПРОИСХОЖДЕНИЕ МЛЕЧНОГО ПУТИ
КОСМИЧЕСКАЯ МАШИНА ВРЕМЕНИ * РОЖДЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ



ЧУДЕСА ВСЕЛЕННОЙ

ЧУДЕСА ВСЕЛЕННОЙ

ЭКСМО
МОСКВА
2013

ГЛАВА 1

ПОСЛАННИКИ

16
ИСТОРИЯ СВЕТА

Наше место во Вселенной

Соседи нашей галактики

Отображение галактики Млечный Путь

Форма нашей галактики

Звезда родилась

32
ЧТО ТАКОЕ СВЕТ?

Двухщелевой эксперимент Юнга

Посланники из-за космического океана

Погоня за скоростью света

Поиск космических часов

Ограничители скорости

44
ПУТЕШЕСТВИЕ

К началу времен

Найденная Андромеда

Телескоп Хаббл

Самая важная фотография Хаббла

Все цвета радуги

Расширение Хаббла

Красное смещение

66
РОЖДЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

Видимый свет

Фотографируя прошлое

Первый взгляд

ГЛАВА 2

ЗВЕЗДНАЯ ПЫЛЬ

78
ПРОИСХОЖДЕНИЕ БЫТИЯ

Круг жизни

Отображение ночного неба

«Звездные ясли»

Как найти экзопланеты

Происхождение жизни

Периодическая таблица

Химический состав Вселенной

Из чего сделаны звезды

102
РАННЯЯ ВСЕЛЕННАЯ

Гейзеры Эль-Татио, Чили

Большой Взрыв

Субатомные частицы

Хронология Вселенной:
от Большого Взрыва до наших дней

Материя в цифрах

Самый мощный взрыв на Земле

118
ОТ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА ДО СОЛНЕЧНОГО СВЕТА: ПЕРВЫЕ ЗВЕЗДЫ

Красный гигант

Смерть звезды

Планетарная туманность

Редчайшие

Сверхновая: жизненный цикл звезд

Начало и конец

Происхождение жизни

ГЛАВА 3

ПАДЕНИЕ

140
ПОЛНАЯ СИЛА

Невидимая нить

Яблоко, которое никогда не падало

Великая скульптура

Геоид

160
БУКСИР ЛУНЫ

Ложный рассвет

«Голубой мрамор»

Галактические каннибалы

Встречный курс

Когда сливаются галактики

172
ЧУВСТВО СИЛЫ

Гравитационный парадокс

Страна маленьких зеленых человечков

Что такое гравитация?

Общая теория относительности Эйнштейна

Во тьме

Анатомия черной дыры

ГЛАВА 4

СУДЬБА

200
ХОД ВРЕМЕНИ

Космические часы

Галактические часы

Древняя жизнь

«Стрела времени»

Порядок беспорядка

Энтропия в действии

Цикл жизни Вселенной

Жизнь Вселенной

228
СУДЬБА ЗВЕЗД

Смерть нашей Вселенной

Смерть Солнца

Последние звезды

Начало конца

Драгоценное время

244 — Алфавитный указатель

255 — Список иллюстраций

256 — Благодарности

G-STAR

ВВЕДЕНИЕ

ВСЕЛЕННАЯ

Как доказала современная наука, примерный возраст Вселенной — 13,7 миллиарда лет, а размеры — около 45 миллиардов световых лет в поперечнике; она наполнена 100 миллиардами галактик, каждая из которых включает в себя сотни миллиардов звезд. Вселенная поражает своими масштабами и ослепительной красотой. Парадоксально, но по мере того, как наши знания о Вселенной расширялись, словно размывалась граница между нами и Космосом. Вселенная может оказаться бесконечной по объему и полной чужеродных миров, выходящих за пределы воображения, однако в настоящее время научное мышление предполагает, что нам все это нужно для того, чтобы существовать. Без звезд не было бы и материалов для строения нашего организма. Если бы наша Вселенная была моложе, у звезд не хватило бы времени на сотворение своей «алхимии». Вселенная не может быть достаточно древней, не будучи огромной, не может быть никаких отходов или избыточности на этой потенциально бесконечной арене, и, если вообразить себя наблюдателем, можно представить себе первый взгляд на ее чудеса.

История Вселенной, следовательно, — это и наша история. Наше происхождение можно увидеть далеко за пределами рассвета человечества, за пределами происхождения жизни на Земле и даже за пределами формирования самой Земли. История Вселенной возвращает нас к событиям, — возможно, неизбежно, возможно, единственно верно, — которые произошли менее чем через миллиардные доли секунды после начала Вселенной.

ДРЕВНЕЕ ЧУДО

В канун Рождества 1968 года «Аполлон-8» прошел во тьме позади Луны, и Фрэнк Борман, Джим Ловелл и Уильям Андерс стали первыми людьми в истории, которые упустили из виду Землю. Когда они вышли из лунной тени, они увидели, как на фоне черноты Космоса растет полумесяц Земли, и выбрали для трансляции людям историю создания их родной планеты. За четверть миллиона миль от дома пилот лунного модуля Уильям Андерс начал:

«Мы приближаемся к лунному восходу, и у экипажа «Аполлона-8» есть сообщение для всех людей Земли, которое мы хотели бы передать. В начале сотворил Бог небо и Землю. И Земля была безвидна и пуста, и тьма над бездною. И Дух Божий носился над водою. И сказал Бог: да будет свет, и стал свет. И увидел Бог свет, что он хорош, и отделил Бог свет от тьмы».

Отделение света от тьмы играет центральную роль в мифологиях многих культур. Вселенная начинается с пустоты; маори называли ее Те Коре — это то же, что и греческий Хаос. Египтяне представляли себе время до начала творения как бесконечный, бездонный океан, из которого появились Земля и боги. В некоторых культурах Бог вечен: Он создал Вселенную из ничего и переживет ее гибель. В других, например, в индуистских традициях, огромный первичный океан существовал еще до небес и Земли. Бог Вишну плавал по воде и спал на берегу океана, обвитый кольцами гигантской кобры, и только когда появился свет, и тьма была изгнана, он проснулся и распорядился о сотворении мира.

«Космос — это самая маленькая дырка, какую только способен человек удерживать в своем сознании»

Г. К. Честертон

Мы до сих пор не знаем, как появилась Вселенная, но у нас есть вполне достойные доказательства того, что 13,75 миллиарда лет назад произошло Нечто, что можно интерпретировать как начало нашей Вселенной. Мы называем это Большим Взрывом. Мы должны быть осторожны с выбором слов, потому что это научная книга, а ключ к хорошей науке — умение отделить известное из неизвестного. Это интересное событие и повлекло за собой происхождение всего, что теперь существует в небе. Все ингредиенты, необходимые для создания сотен миллиардов галактик и тысяч триллионов солнц содержались когда-то в объеме значительно меньшем, чем один атом. Невообразимо плотное и непредставимо горячее, это крошечное семя расширялось и охлаждалось в течение последних 13,75 миллиарда лет, так что у него было достаточно времени для формирования законов природы и собирания всех сложностей и красот, которые и составляют сущность Вселенной. Эти естественные процессы породили и Землю, и жизнь на Земле, и сознание, которое гораздо сложнее понять, чем простое явление, казалось бы, бесконечной звезды.

Мы можем рассуждать лишь о порядке, потому что самое начало, под которым мы подразумеваем события, происшедшие в эпоху Планка, — время до миллионов миллионов миллионов миллионов миллионов миллионов миллионных долей секунды с момента Большого

«Если вы отправились в Итаку, желаю вам долгой дороги, полной приключений и знаний»

К. П. Кавафис

Взрыва, — сейчас находится за пределами нашего понимания. Это потому, что нам не хватает нашей теории пространства и времени, чтобы «дотянуться» до этой точки, и, следовательно, мы очень мало что можем сказать об этом. Такая теория — теория квантовой гравитации — это Святой Грааль современной теоретической физики. В настоящее время подходы к ней активно ищут сотни ученых всего мира. Альберт Эйнштейн посвятил последние десятилетия своей жизни ее напрасному поиску. Традиционное мышление полагает, что время и пространство начались в некий нулевой момент времени — в начале эпохи Планка. Большой Взрыв поэтому может рассматриваться как Начало Времени как такового, а сам он стал Началом Вселенной.

Однако существует альтернатива. По одной из теорий Большой Взрыв и начало Вселенной были вызваны столкновением двух частей пространства и времени — бран, которые плавали вечно в бесконечности уже существующего пространства. То, что мы обозначили как начало начал, было не более значительно, чем космическое столкновение двух «пластов» пространства и времени.

Вполне возможно, что вопрос: «Почему существует Вселенная?» — навсегда останется за пределами нашего понимания; может быть, нам удастся ответить на него в течение нашей жизни, но на сегодняшний день наши исследования оказались более ценными, чем найденные ответы, потому что с древних времен поиск причин происхождения Вселенной находится в самом сердце мировой науки. И в самом деле, он лежит в основе большей части человеческих устремлений и культурного развития. Желание понять внеземные события, кажется, врожденное, потому что его разделяли все великие древние цивилизации. Развивая свою историю о начале времен, они размышляли об истоках мира и о его конце. Только совсем недавно мы обнаружили, что эти изыскания полезны и в практическом смысле. В сочетании с научным методом они позволили нам не только лучше понять природу, но и манипулировать и управлять ею для обогащения нашей жизни с помощью технологий. Источник всего, что мы придумали и что считаем само собой разумеющимся, от медицинской науки до межконтинентальных воздушных путешествий, — наше любопытство.

ЦЕННОСТЬ ЧУДА

Идея путешествия на край Вселенной, исключительно важная для нашей повседневной жизни, лежит в основе «Чудес Вселенной». Я не могу не подчеркнуть свою твердую убежденность в том, что исследования, как интеллектуальные, так и физические, — самое важное дости-

ПРЕДЫДУЩЕЕ ФОТО И СЛЕВА: Работа космических программ по всему миру не может рассматриваться как роскошь, но только как необходимость. Именно благодаря миссии космических челноков, таких как «Атлантис» (слева) и «Индевор» (предыдущая страница), мы по-настоящему начинаем понимать истоки и принципы существования и функционирования Вселенной и использовать эту информацию для планирования нашего будущего на Земле.

жение нашей цивилизации. Поэтому, перефразируя моего любимого Олдэма, хотя строительство ракет для полетов на Луну и телескопов для фотографирования света самых далеких звезд может показаться увлекательной роскошью, такой взгляд был бы поверхностным, неправильным и просто глупым. Мы — часть Вселенной, ее судьба — это наша судьба, потому что мы живем в ней, и она живет в нас. Что может быть более важным, актуальным и полезным, чем понимание того, как она устроена и как она действует.

Когда мы задумали сериал, мы хотели сделать программу более глубокую, чем простое знакомство с достопримечательностями Вселенной. Конечно, черные дыры, сталкивающиеся галактики и звезды на краю света завораживают, и мы видим все это при помощи наших приборов, но если бы, знакомясь с древней наукой астрономией, мы поступали бы как зрители спортивной программы, мы упустили бы свой шанс постижения неизведанного. Чудеса, которые мы видим через наши телескопы, мы должны рассмотреть в лабораториях, где мы можем проверить наше понимание естественного мира в условиях столь экстремальных, что мы с большим трудом можем воспроизвести их на Земле. Имея это в виду, мы решили распределить программы по научным темам, а не по самим «чудесам».

«Мессенджер» сейчас пребывает на краю света, он — наша единственная связь с далекой Вселенной, которая вечно будет находиться вне нашей досягаемости. Но речь идет и об информации, носителем которой является свет сам по себе, и о том, как эта информация была получена; следы химических элементов можно найти в самом отдаленном звездном свете, что позволяет нам точно узнать состав самой далекой звезды.

«Стардаст» вновь задается древним вопросом: что представляют собой блоки, из которых строится Вселенная? Каким было сырье человеческого существа, собранного из обломков Большого Взрыва? Вероятно, оно было болезненно-горячим, но прекрасным упорядоченным огненным шаром без какой-либо заметной структуры.

«Фоллинг» расскажет нам историю великого скульптора Вселенной: гравитации. По каким-то непонятным нам причинам гравитация — самая слабая из четырех фундаментальных сил Вселенной, а потому она имеет безграничный диапазон и действует на все существующее, ее влияние пронизывает все. Наша самая точная теория — это теория гравитации. Общая теория относительности Эйнштейна датируется 1915 годом, следовательно, это одна из старейших современных теорий сил. Теория электромагнитных сил, квантовая

СПРАВА: Вооруженные великим знанием и пониманием нашей Вселенной, обладая новейшими технологиями и современными подходами в науке, мы можем обнаружить чудеса Вселенной, которые оставались скрытыми от нас много веков назад. Такие галактики, как спиралевидная Двингело 1, были недавно обнаружены, поскольку от нас они скрыты Млечным Путем. Это открытие подтверждает то, что мы уже знаем: что есть много других чудес во Вселенной, которые нам еще предстоит обнаружить.

электродинамика сложилась к 1950-м годам, а теория сильного ядерного взаимодействия — между 1960-ми и 1970-ми годами. Наше описание последней из четырех — слабой ядерной силы — раскрывается в стандартной модели физических элементарных частиц. Эта теория, созданная в 1970-х годах, объединяет описание слабого ядерного взаимодействия с квантовой электродинамикой, хотя в ней есть недостающий элемент, так называемый бозон Хиггса, который в настоящее время ищут на Большом адронном коллайдере в ЦЕРНе в Женеве. Пока бозон Хиггса или любая другая частица, решающая ту же задачу, не будет найден, мы не можем утверждать «рабочее описание» слабого ядерного взаимодействия и характер его связи с электромагнетизмом.

Однако несмотря на длинную родословную и красивую точность и элегантность теории гравитации Эйнштейна, она, как известно, неполная. Наше описание Вселенной рассыпается и утрачивает стройность, когда мы приближаемся к постижению самых запоминающихся чудес Вселенной. Черные дыры, как известно, существуют в центрах галактик, например, на Млечном Пути, и разбросаны по всему Космосу. Они представляют собой сердце наиболее массивных звезд во Вселенной. Мы ощущаем их присутствие по их влиянию на проносящиеся мимо звезды, обнаруживая интенсивное излучение газа и пыли, имевших несчастье проходить слишком близко от места событий. Мы видели следы их образования в самых жестоких космических происшествиях — взрывах сверхновых. Это означает разрушение звезды: то, что так ярко пылало на протяжении тысячелетий, гаснет в течение нескольких минут.

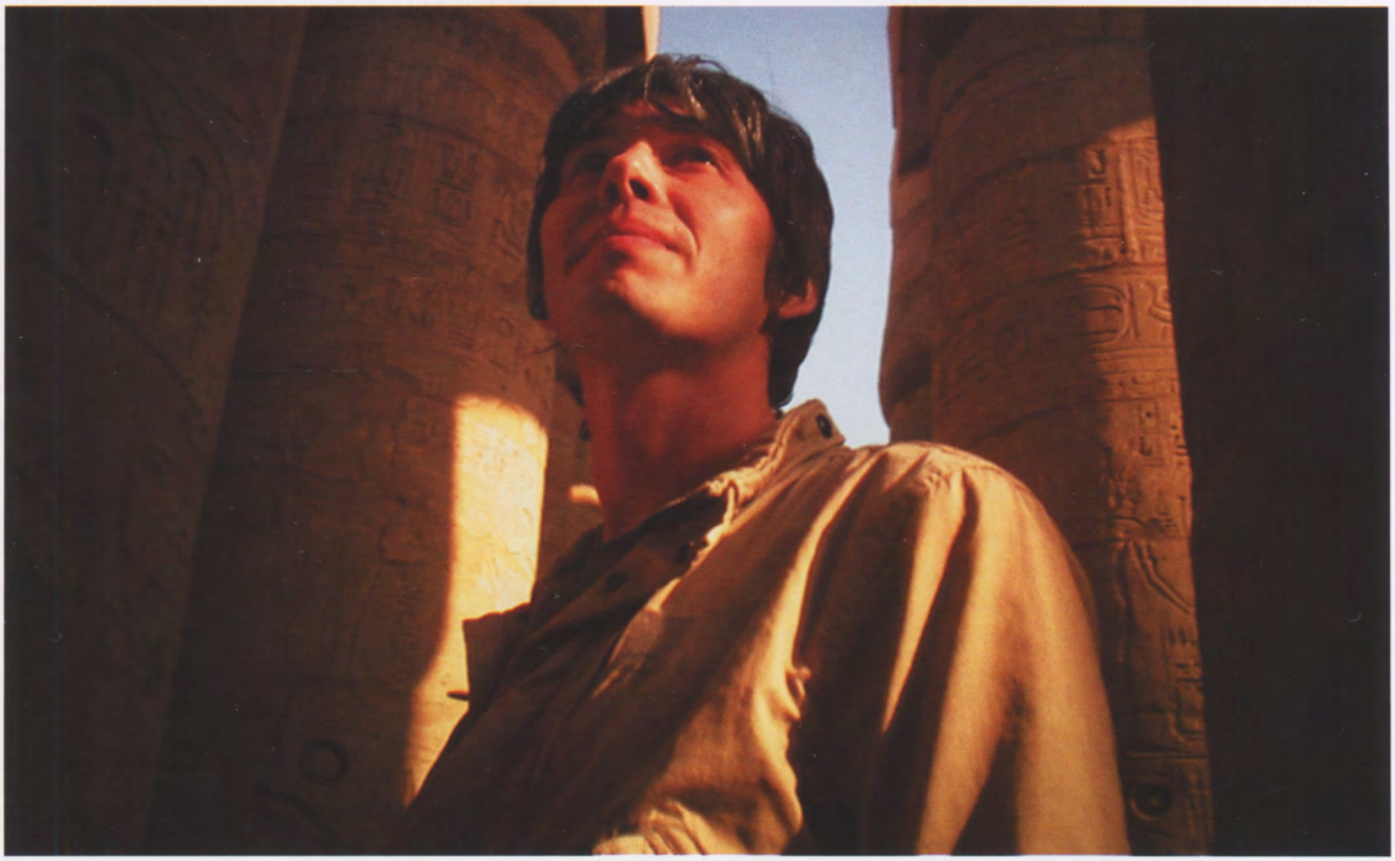
В заключительной главе «Судьба» мы углубляемся в далекое прошлое и далекое будущее, следуя непрерывному тиканью универсальных часов Вселенной. Кроме того, в этой главе самым непосредственным образом изучается большой вклад инженерной и технологической мысли в нашу историю. Наука термодинамика, которая стала нашим гидом в путешествии по пути развития дальнейшей судьбы Вселенной, возникла в XIX веке для достижения эффективности паровых двигателей, а не из желания взглянуть в направлении возможного бесконечного будущего. В «Судьбе» мы описываем термодинамику в деталях и показываем, как эта типичная для XIX века наука позволяет нам спекулировать некоторым «приземлением» событий, которые на самом деле произойдут через 10.000.000.000

ГЛАВА 1

ПОСЛАННИКИ

ИСТОРИЯ СВЕТА

На протяжении истории человечества люди смотрели в небо и искали смысл, скрытый в небесах. Астрономия теперь вооружена телескопами и межпланетными миссиями. Они добывают для нас информацию, которая наводит на размышления, но все современные открытия опираются на наследие, которое насчитывает тысячи лет. Все начиналось с простого вопроса: «Что там?». Свет – это единственная наша связь со Вселенной за пределами нашей Солнечной системы и единственная связь, которая была у наших предков с иными мирами за пределами Земли. Следуя за светом, мы можем путешествовать с нашей планеты в другие миры, которые вращаются вокруг Солнца, не используя никаких космических аппаратов. Глядя вверх, мы оглядываемся назад во времени, потому что древние лучи света – посланники далекого прошлого Вселенной. Теперь, в XX веке, мы научились читать историю, которую несет нам древний свет, и он рассказывает нам о происхождении Вселенной.



Карнакский храм, дом Амона-Ра, всемирного бога, стоит напротив Долины царей на противоположной стороне Нила в городе Луксор. В древности Луксор называли Фивами, и был он столицей Египта во времена роскошного и мощного Нового царства. В течение 3500 лет Карнакский храм был чудом техники, с тысячами идеально пропорциональных иероглифов, начертанных на его стенах, архитектурным шедевром золотого века древнего Египта; это место глубокой силы и красоты. В его стенах поместится десять европейских соборов; один только гипостильный зал — ошеломляющая долина возвышающихся столбов, которые когда-то поднимали вверх гигантские крыши, — мог бы комфортно вместить Собор Парижской Богоматери.

Религиозная и церемониальная архитектура претерпевала множество изменений на протяжении всей человеческой истории. Политически эти монументальные сооружения служат цементом власти, которую они окормляют, но не только великие достижения человеческой цивилизации здесь поражают воображение. Думая так, мы упускаем важнейший момент истории. Карнакский храм — это реакция людей на что-то гораздо более роскошное и древнее. Масштаб архитектуры насильственно вырывает сознание из житейских проблем и увлекает его за пределы Земли. Такое сооружение могло быть построено только людьми, испытавшими глубокое почтение к Вселенной. Карнак — одновременно и летопись в камне, и своеобразный мостик к ответу на вечный вопрос: «Что там?». Это и обсерватория, и библиотека, и экспрессия, вырванные у пустыни из космологического любопытства и желания исследовать мир.

Египетская религиозная мифология богата и сложна. Имея почти 1500 известных божеств, бесчисленные храмы и гробницы и подробную сохранившуюся литературу, мифология великой цивилизации Нила считается одной из самых сложных религиозных систем среди всех, известных человечеству. Центральное место в жизни и мифологии египтян занимали воды Нила, великого кормильца этих пустынных жителей. Ежегодные наводнения создавали плодородную полосу вдоль реки, которая разительно отличается от соседних земель, что прекрасно видно с воздуха при перелете в Луксор из Каира, хотя с 1970 года Асуанская плотина приостановила древний цикл роста и падения воды, и сегодня в египетских землях используют современные методы орошения. Летом дожди по-прежнему идут в горах к югу от Египта, и перед плотиной поднимаются воды Нила и затопляют низинные земли. В сентябре дожди прекращаются, и вода отступает, оставляя за собой живительную плодородную почву.

Доминирование великой реки в египетской жизни нашло свое отражение в религиозной традиции египтян, и это неудивительно. Небо они представляли себе огромным океаном, по которому боги путешествовали в лодках. Египетские истории о сотворении мира повествуют о бесконечном первичном океане, из которого поднялся один земной холм (материк). Цветок лотоса расцвел на вершине этого холма и родил Солнце. В этой традиции каждый из первичных элементов связан с богом. Земной холм в океане — это бог Татенен, что означает «поднимающаяся земля», кроме того, он бог плодородной земли, возникающей всякий раз после наводнений Нила. Цве-

НА ПРЕДЫДУЩЕЙ СТРАНИЦЕ: Захватывающие высоченные столпы Карнакского храма — свидетельство египетской веры в силу и значение Амона-Ра, бога Солнца, и самого Солнца в их повседневной жизни.

СЛЕВА: Власть верховного бога Амона-Ра ощущается в Карнаке повсюду. Его изображения покрывают стены. Резьба изображает его человеком в короне с двойными перьями рядом с фараоном, а иногда и в животной форме — форме барана.

ВНИЗУ И СПРАВА: Размещение и координация этого впечатляющего здания, как и все остальное здесь, имеет смысл. У египтологов имеются доказательства, подтверждающие их веру в то, что храм был построен как своего рода календарь: две колонны образуют рамку, в которую падает свет солнца, когда оно приближается к зимнему солнцестоянию.

ток лотоса — это бог Нефертум, бог духов. Самым важный из них — бог Солнца, рожденный лотосом, который мог принимать разные формы, но всегда оставался центром египетской религиозной мысли более 3000 лет. Это именно бог Солнца принес свет в Космос, а со светом появились и все творения божеские.

В Карнаке бог Солнца царит как Амон-Ра, слияние бога Амона, местного божества Фив, и древнего египетского бога Солнца Ра. Тенденция объединять богов была широко распространена в египетской мифологии, а за слиянием богов следовало усложнение богословия. Амона можно понимать как скрытый аспект Солнца, может быть, связанный с его ночными «путешествиями по подземному миру». В египетской «Книге Мертвых» Амон упоминается как «старший из богов восточного неба», что символизирует его появление на рассвете в качестве солнечного божества. Как Амон-Ра он стал верховным божеством, а как Зевс-Аммон сохранился и до греческих и римских времен, тем более что эти цивилизации находились в постоянном и тесном взаимодействии. Культ Амона-Ра как верховного бога распространился так широко и укрепился настолько прочно, что египетская религия стала почти монотеистической во времена Нового царства. Амон-Ра, как говорили, существует во всех вещах, и считалось, что он преодолевает границы пространства и времени, что позволяет ему быть всевидящим и вечным. В этом смысле мы можем думать о нем как о предвестнике богов иудео-христианской и исламской традиции.

Стены Карнакского храма буквально покрыты изображениями Амона-Ра. Значение его обычного изображения в человеческом обличье с короной из двойных перьев египтологи точно объяснить не могут. Часто его изображали фараоном или рядом с фараоном, но иногда и в облике барана.

Самая зрелищная часть храма, посвященного Амону-Ра, однако, заключается в том, как Карнак ориентирован по отношению к просторам Вселенной. Великий гипостильный зал, доминанта храма, выстроен так, что 21 декабря, в день зимнего солнцестояния и в самый короткий день в Северном полушарии, диск Солнца поднимается между великих столпов и наполняет пространство храма светом, который проходит непосредственно над небольшим зданием, внутри которого, как считали, проживает сам Амон-Ра. Наблюдать восход Солнца в день зимнего солнцестояния, стоя рядом с огромными каменными колоннами, — это потрясающая мощь и удивительный сакральный опыт. Это связывает тебя непосредственно с великими фараонами Древнего Египта, поскольку Аменхотеп III, Тутанхамон и Рамзес II стояли здесь, приветствуя восход декабрьского Солнца более трех тысячелетий назад.

Солнце восходит по утрам в разных местах на горизонте, потому что ось Земли наклонена на 23,5 градуса по отношению к плоскости ее орбиты. Это означает, что зимой в северном полушарии Северный полюс Земли склонен в сторону от Солнца, и Солнце остается стоять низко над горизонтом. По мере того, как Земля дви-

жется вокруг Солнца, Северный полюс постепенно склоняется в сторону Солнца, а Солнце ежедневно поднимается по дуге выше по небу вплоть до середины лета, когда оно достигает своей наивысшей точки. Эти постепенные склонения земной оси назад и вперед в течение года означают, что точка, в которой Солнце восходит на восточном горизонте, каждый день перемещается. Если вы стоите лицом к востоку, самая южная точка восхода приходится на день зимнего солнцестояния. Затем постепенно восход дрейфует на север, пока не достигает самой северной точки в день летнего солнцестояния. Древние, конечно, не знали причин этого явления, но они должны были заметить и заметили, что точка восхода Солнца в день зимнего солнцестояния останавливается на горизонте на несколько дней, а затем меняет свой путь и дрейфует в другом направлении.

Улика, убеждающая большинство египтологов в том, что Карнак был ориентирован по солнцестоянию, и это было преднамеренным действием, — две колонны по обе стороны здания, в котором «живет» Амона-Ра. Когда мы смотрим в сторону восхода, одна из них располагается слева от входа, а другая — справа. Эти колонны покрыты изящной резьбой, и надписи на них указывают на то, что ориентация колонн по восходу была преднамеренной. На левой колонне изображен фараон, обнимающий Амона-Ра, и на одной из ее сторон — три резных папируса, стебли растения, которое встречается только по северному течению Нила. Правая колонна похожа на левую, но на ней вместо фараона, обнимающего Амона-Ра, изображена корона Верхнего Египта, расположенного к югу от Карнака. Три резных стебля на этой колонне — цветки лотоса, которые растут только на юге. Сердце этого здания было предназначено для захвата света во время важного небесного события — восхода Солнца в середине зимы, в день зимнего солнцестояния.

Храм отражает очарование, которое испытывали древние египтяне перед небесными огнями, которые они видели в небе. Их инстинктивное поклонение этим огням было донаучным, но этот храм, как представляется, закрепил углубленное понимание геометрии Космоса — видимых с Земли небесных сфер. Наблюдая различные положения восхода Солнца, они понимали земные природные циклы и сезоны, в которых содержится важная информация для посева и уборки урожая в оптимальные сроки. Развитие более совершенных методов ведения сельского хозяйства сделало цивилизацию процветающей, предоставляя людям, в конечном счете, больше времени для размышлений, философии, математики и естественных наук.

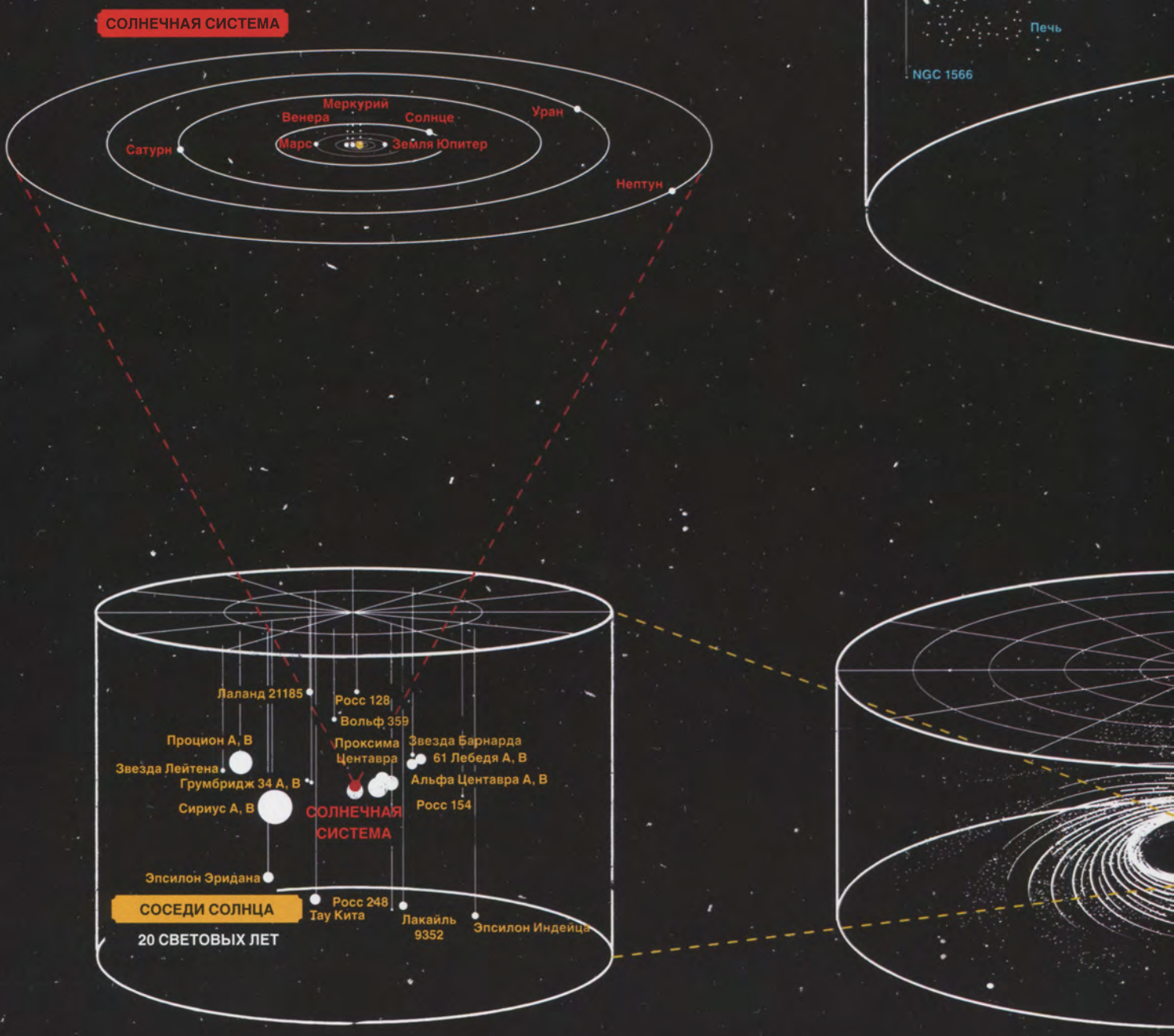
«Шаг» от наблюдения закономерностей в движении небесных огней к современной науке занял большую часть человеческой истории. Древние греки начали трудиться в этом направлении, но корректное описание движения Солнца, Луны и планет по небу было сделано лишь в XVII веке Иоганном Кеплером. Снять завесу с истинной божественной красоты Космоса было долгим делом, но дары, полученные человечеством благодаря этому врожденному увлечению игрой огней в небе, оказались неисчислимыми. ◉

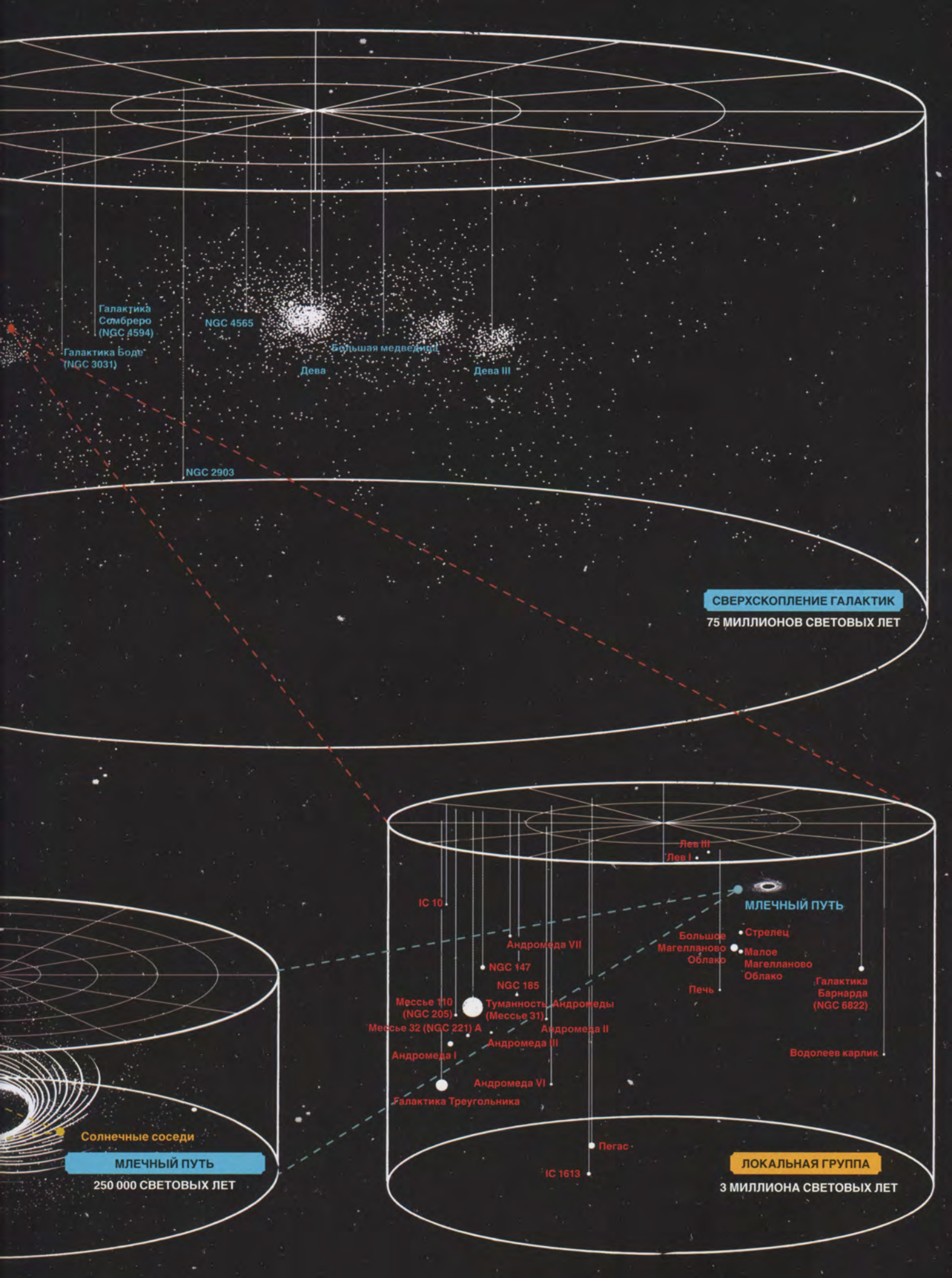
Следуя за светом, мы нанесли на карту место нашего пребывания среди сотен миллиардов звезд, составляющих Млечный Путь. Мы посетили ближайшую к нам звезду Проксима Центавра и постигли ее химический состав и состав тысячи других звезд в небе. Мы даже отправились вглубь Млечного Пути и заглянули в «черную дыру», которая находится в центре нашего галактического дома. Но это только начало...

СПРАВА: Вселенная — впечатляющее место, полное чудес и требующее ответов на множество вопросов. Нам нужно так многому научиться и исследовать еще так много.

НАШЕ МЕСТО ВО ВСЕЛЕННОЙ

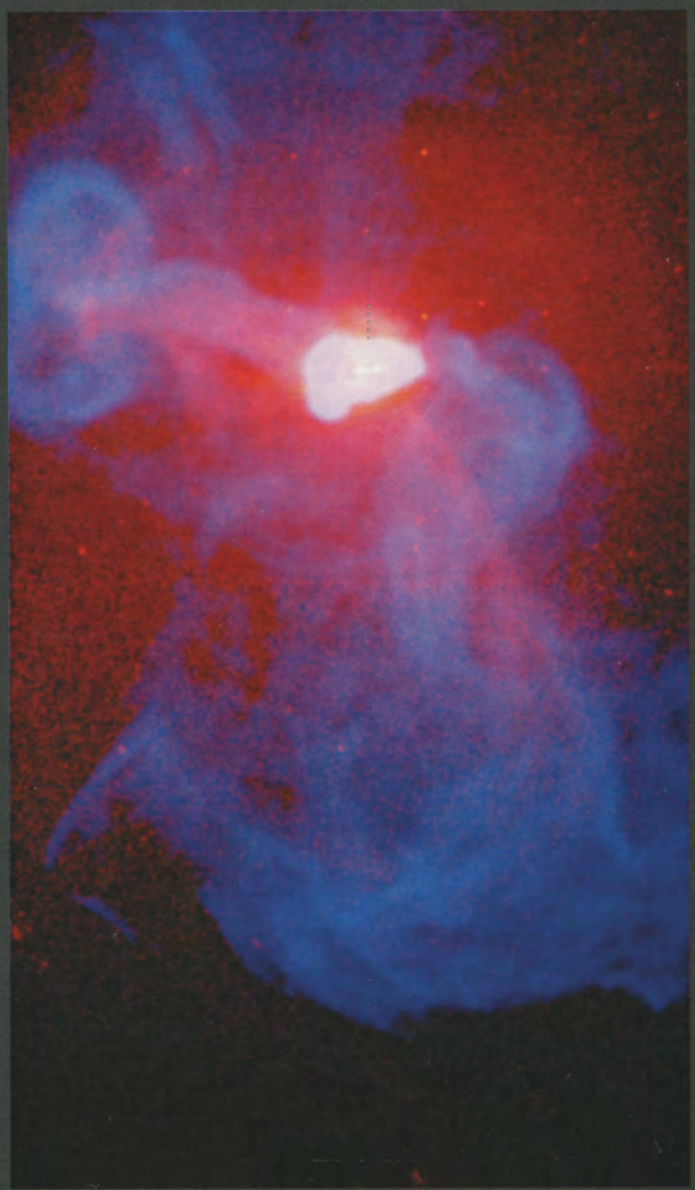
Масштабы Вселенной практически невозможно представить, и все же мы смогли сделать это, избрав точкой зрения наблюдателя маленький каменный шарик под названием Земля. Знание великих циклов, которые разыгрываются над нашими головами, позволило нам понять, что мы – лишь часть структуры, которая простирается далеко за пределы нашей Солнечной системы и 200 миллиардов звезд, составляющих нашу Галактику.




Галактика Сомбреро (NGC 4594)
Галактика Боде (NGC 3031)
NGC 4565
Дева
Большая медведица
Дева III
NGC 2903
СВЕРХСКОПЛЕНИЕ ГАЛАКТИК
75 МИЛЛИОНОВ СВЕТОВЫХ ЛЕТ
Лев III
Лев I
IC 10
МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ
Андромеда VII
Большое Магелланово Облако
Стрелец
Малое Магелланово Облако
NGC 147
NGC 185
Печь
Галактика Барнарда (NGC 6822)
Мессье 110 (NGC 205)
Туманность Андромеды (Мессье 31)
Мессье 32 (NGC 221) A
Андромеда II
Андромеда III
Андромеда I
Водолеев карлик
Андромеда VI
Галактика Треугольника
Солнечные соседи
МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ
250 000 СВЕТОВЫХ ЛЕТ
Пегас
IC 1613
ЛОКАЛЬНАЯ ГРУППА
3 МИЛЛИОНА СВЕТОВЫХ ЛЕТ

СОСЕДИ НАШЕЙ ГАЛАКТИКИ

M87
Дева А



Ближайшая к нам звезда, Солнце, расположена на расстоянии 150 миллионов километров (93 миллионов миль) от нас, но каждый вечер, когда эта звезда исчезает из поля зрения, тысячи других звезд заполняют наше ночное небо.

Галактика - богатейшая коллекция звезд, состоящих из газа и пыли, связанных между собой силой тяжести. Считается, что она обладает гигантскими ореолами темной материи - новой формой материи, отличающейся от всего, что мы можем найти на Земле. Такая материя слабо взаимодействует с обычной материей. Несмотря на это, ее гравитационный эффект доминирует над поведением галактик сегодня и, скорее всего, доминировал над образованием галактик на ранних стадиях развития Вселенной. Поэтому мы теперь думаем, что около 95 процентов массы галактик, таких как наш Млечный Путь, должны состоять из темной материи. В некотором смысле она позволяет светиться звездам, планетам, газам и пыли, которых, по всей вероятности, уже не существует в природе. Но поскольку очень маловероятно, что темная материя может формироваться в такие сложные и красивые структуры, как звезды, планеты и люди, можно почти наверняка утверждать, что она куда менее интересна, чем обычная, «светлая материя». Поиск природы темной материи - одна из важнейших задач физики XXI века. Мы еще вернемся в конце книги к увлекательной теме темной материи.

Слово «галактика» происходит от греческого слова Galaxias, означающего «молочный круг». В греческой мифологии этот эфирный свет был описан как молоко, пролитое из груди жены Зевса Геры, отчего появились тонкие белесые полосы в ночном небе. Эта придуманная греками история происхождения эфирного света дала современное название нашей галактике - Млечный Путь. Это имя вошло в английский язык не благодаря ученым, но из-под пера средневекового поэта Джеффри Чосера:

> Смотри, вон там, внизу, галактика,
> Что человек назвал Молочный Путь,
> Поскольку белая...

НАВЕРХУ: M87 – Дева А и Мессье 87 – гигантская эллиптическая галактика, расположенная в 54 миллионах световых лет от Земли в скоплении Девы. На этом снимке ее центральной струи видно, как мощный луч горячего газа выделяется из массивной черной дыры в ядре галактики.

M31
Галактика
Туманность Андромеды

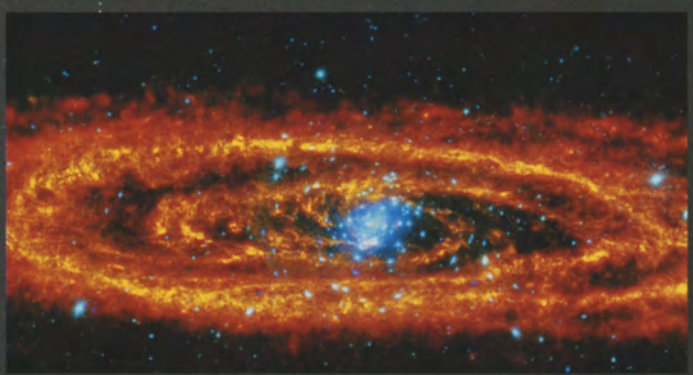
Галактика
Млечный Путь

M51
Галактика
Водоворот

M33
Галактика
Треугольника

NUBECULA MINOR
Малое
Магеллланово
Облако

КАРЛИКОВАЯ ГАЛАКТИКА
Zwicky 18



НАВЕРХУ: Это самое детальное фото галактики Туманность Андромеды сделано в 2010 году, иначе ее называют M31. Это самая большая из близких к нам галактика, и на этом снимке ясно видно, как развиваются кольца новообразованных звезд.

ВЫШЕ: На этом снимке галактики M51 четко видно, почему она получила другое название: галактика Водоворот. Здесь совершенно очевидна спиральная форма галактики с изогнутыми розово-красными рукавами в областях звездообразования и голубыми звездными скоплениями.

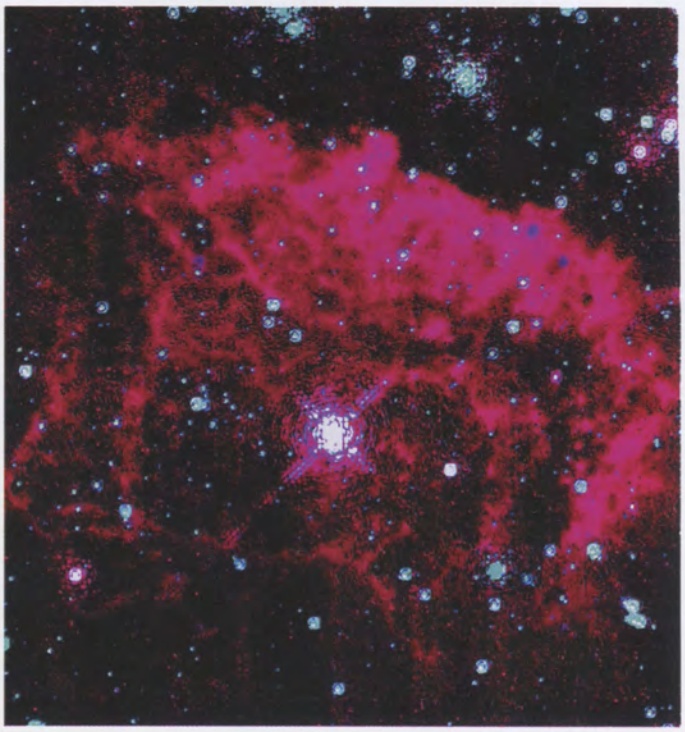
НАВЕРХУ: Раньше думали, что Zwicky 18 – молодая галактика, так как предполагалось, что ее ярким звездам всего 500 миллионов лет. Однако недавние фото с космического телескопа Хаббл выявили в ней более старые звезды, что делает эту галактику такой же старой, как и другие, просто в ней есть новообразованные звезды.

ВЫШЕ: M33 – галактика Треугольника или Вертушка – третья по величине в локальной группе галактик после Млечного Пути и Туманности Андромеды, спутником которых она считается.

ОТОБРАЖЕНИЕ МЛЕЧНОГО ПУТИ

Наша галактика, Млечный Путь, содержит около 200-400 миллиардов звезд, в зависимости от того, какое количество слабых звезд-карликов мы учитываем, так как их трудно обнаружить. Большинство звезд расположены в диске диаметром около 100 000 световых лет и около 1 000 световых лет толщиной. Эти огромные расстояния очень трудно вообразить себе. Расстояние в 100 000 световых лет означает, что свету, скорость движения которого составляет 300 000 км (186 000 миль) в секунду, потребуется 100 000 лет, чтобы пролететь по нашей галактике из конца в конец. Иначе говоря, расстояние между Солнцем и внешней планетой нашей Солнечной системы, Нептуном, составляет около четырех световых часов — это одна шестая часть светового дня. Вам пришлось бы пересечь около 220 миллионов Солнечных систем, чтобы пересечь нашу Галактику.

В центре нашей Галактики, и, возможно, каждой галактики во Вселенной, как считается, расположены сверхмассивные черные дыры. Астрономы полагают, что это так, учитывая точное измерение орбиты звезды S2. Она вращается вокруг интенсивного источника радиоволн, который принято называть Стрелец A* (читай: «Стрелец А-звезда»), который находится в центре Галактики. Орбитальный период S2 составляет чуть более пятнадцати лет, что делает ее самым быстрым из известных нам орбитальных объектов — ее скорость достигает 2-х процентов от скорости света. Если известен точный орбитальный путь объекта, можно рассчитать массу вращающихся вокруг него предметов, а масса Стрельца A* огромна — она превышает массу нашего Солнца в 4,1 миллиона раз. Так как звезда S2 приближается к объекту с максимальной скоростью семнадцать световых часов, то Стрелец A* должна быть меньше, чем S2, в противном случае S2 буквально врежется в нее. Единственное, что может превышать в 4.1 миллиона раз массу Солнца в пространстве меньшем, чем 17 световых часов в поперечнике, — это черная дыра, именно поэтому астрономы настолько уверены,



Расстояние между Солнцем и внешней планетой нашей Солнечной системы Нептуном составляет около четырех световых часов — это одна шестая часть светового дня. Вам пришлось бы пересечь около 220 миллионов Солнечных систем, чтобы пересечь нашу Галактику.

СЛЕВА: Этот продукт воображения художника показывает нам Скопление Арки — плотнейшее из известных на Млечном Пути скопление молодых звезд.

ВНИЗУ СЛЕВА: Как и Скопление Арки, Скопление Квинтиплета расположено близко к центру галактики Млечный Путь.

НАВЕРХУ СПРАВА: Яркая белая точка в центре этой фотографии — Звезда Пистолет, одна из ярчайших звезд в нашей Галактике.

что в центре Млечного Пути находится гигантская черная дыра.

За S-звездами расположен галактический центр, который представляет собой «плавильный котел» астрономической активности, наполненный самыми разными системами, взаимодействующими друг с другом и влияющими друг на друга. Скопление Арки умирает и находится на грани превращения в сверхновую (см. С. 130-131). Центральные скопления: Скопление Арки или Скопление Квинтиплета — имеют максимальную плотность звезд в нашей Галактике, какую только можно себе представить. По мере нашего отдаления от «переполненного» звездами галактического центра уменьшается и количество звезд, пока мы не достигнем редких облаков газа в дальних пределах Млечного Пути. Они носят название Галактическое гало.

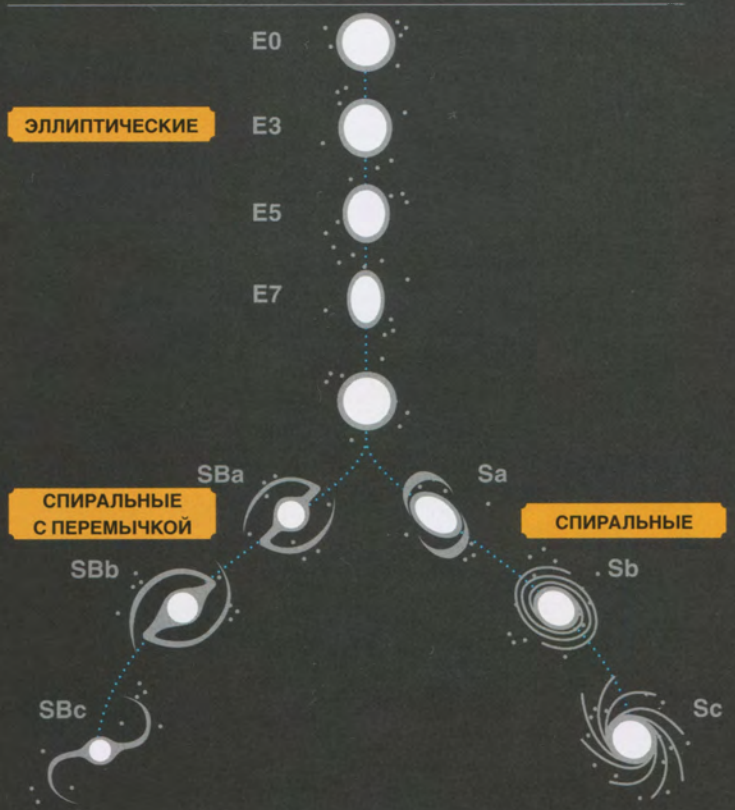
В 2007 году учеными с помощью Очень Большого Телескопа (ОБТ) в обсерватории Паранал в Чили удалось обнаружить звезду в Галактическом гало, которая считается старейшим объектом Млечного Пути. HE 1523-0901 — звезда на последней стадии своей жизни, это красный гигант. Она намного больше нашего Солнца, но ее поверхность гораздо холоднее. HE 1523-0901 интересна тем, что астрономы смогли измерить точное количество составляющих ее пяти радиоактивных элементов: урана, тория, европия, осмия и иридия. Используя технику, очень похожую на ту, что применяется для радиоуглеродного анализа, астрономы смогли определить возраст этой древней звезды. Этой умирающей звезде около 13,2 миллиарда лет, она почти так же стара, как и сама Вселенная. Радиоактивные элементы в этой звезде были образованы агонией первого поколения звезд, которые закончили свою жизнь во взрывах сверхновых в первой половине первого миллиарда лет жизни Вселенной (см. Главу 2). ◉

ФОРМА НАШЕЙ ГАЛАКТИКИ

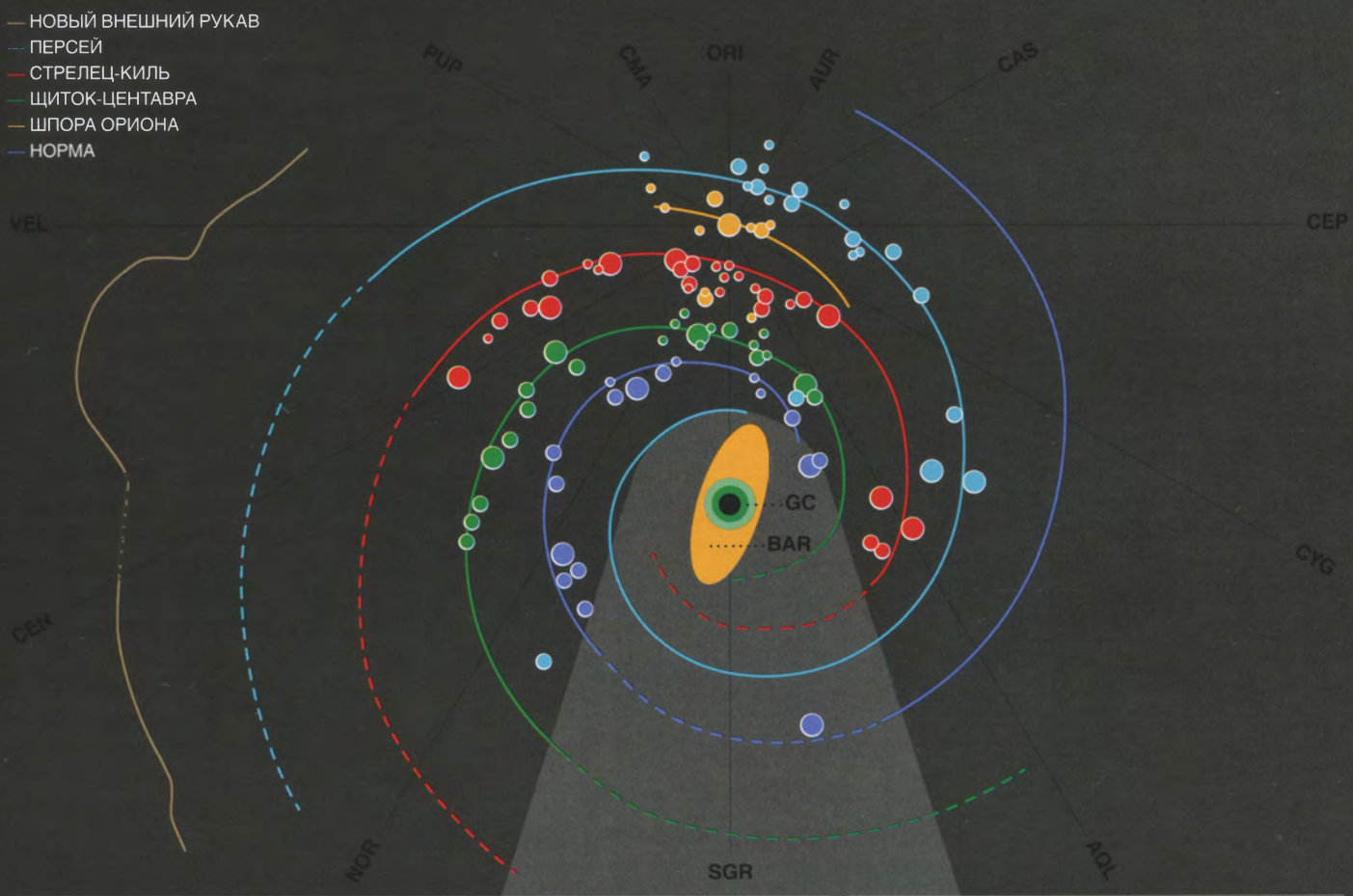
Помимо того, что наша Галактика огромная и очень-очень старая, она еще и прекрасно структурирована. Она представляет собой спиральную галактику с перемычкой и состоит из брускового ядра, окруженного диском газа, пыли и звезд, которые создают отдельные спиральные рукава, скручивающиеся из центра. До недавнего времени считалось, что наша Галактика содержит только четыре спиральных рукава - Персея, Нормы, Щитка-Центавра и Стрельца-Киля, с нашим Солнцем в ответвлении последнего рукава, называемого рукав Шпоры Ориона, - но сейчас считается, что существует еще один дополнительный рукав под названием Внешний рукав, расширение рукава Нормы.

Близко к внутреннему краю Шпоры Ориона расположено Солнце, которое когда-то считалось средней звездой, но мы теперь знаем, что оно светит ярче, чем 95 процентов всех других звезд в Млечном Пути. Оно представляет собой звезду главной последовательности. ◉

ТРИ ОСНОВНЫХ ТИПА ГАЛАКТИК: ЭЛЛИПТИЧЕСКАЯ, СПИРАЛЬНАЯ И СПИРАЛЬНАЯ С ПЕРЕМЫЧКОЙ



СПИРАЛЬНЫЕ РУКАВА ГАЛАКТИКИ МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ



ЗВЕЗДА РОДИЛАСЬ

ВНИЗУ: Галактика Туманность Андромеды, наш ближайший галактический сосед, и наша галактика – Млечный Путь, – как полагают, очень похожи друг на друга.

НИЖЕ: Расположенная за 5 000 световых лет от Земли, туманность Лагуна – одна из немногих областей активного звездообразования в нашей Галактике, видных с Земли невооруженным глазом.

Наше Солнце в середине своего жизненного цикла, но посмотрите внимательно на Млечный Путь, и вы увидите, как протекает весь цикл звездной жизни. Примерно раз в год в нашей Галактике появляется новый свет, а где-то в Космосе на Млечном Пути рождается новая звезда.

Туманность Лагуна – одна из таких «звездных яслей»: внутри этого гигантского межзвездного облака газа и пыли создаются новые звезды. Открытая французским астрономом Гийомом Ле Жантилем в 1747 году, это одна из немногих активных областей звездообразования в нашей Галактике, видных невооруженным глазом. Это огромное облако медленно рушится под действием собственной гравитации, но чуть более плотные его регионы постепенно все больше и больше обрастают материей, и со временем эти скопления становятся достаточно массивными, чтобы превратиться в звезды.

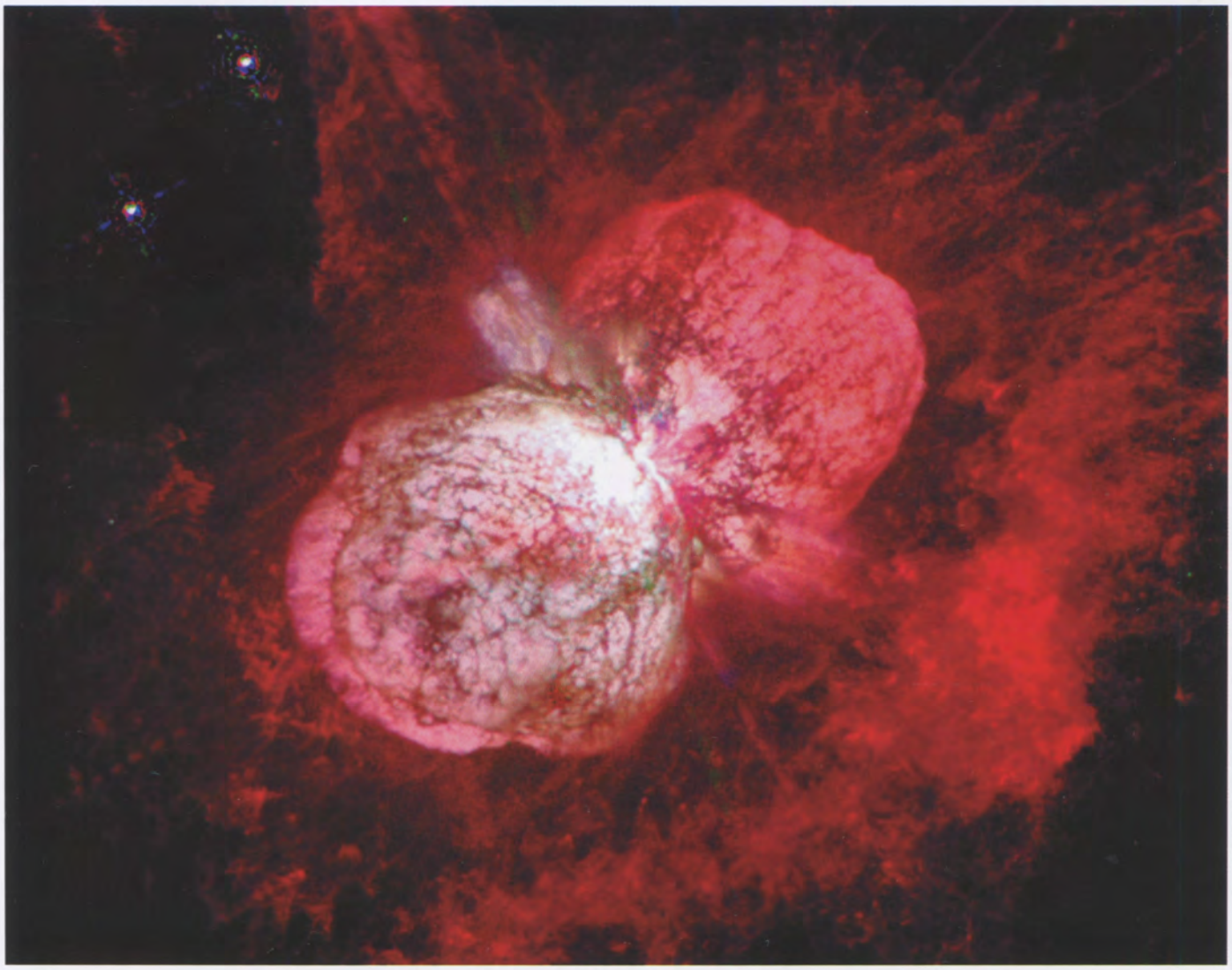
В центре этих огромных «звездных яслей» – туманности Песочные часы – светится интригующий объект под названием Гершель 36. Эта звезда считается звездой «ZAMS»[1], потому что она только что начала производить в своем ядре доминирующую часть своей энергии, синтезируя ее из водорода. Недавние измерения показывают, что Гершель 36 может фактически быть тремя крупными молодыми звездами, вращающимися вокруг друг друга, составляя собственную систему с совокупной массой, более чем в пятьдесят раз превышающей массу нашего Солнца. Это делает Гершель 36 поистине гигантской системой.

[1] ZAMS – zero ago main sequence – ноль назад в основной последовательности (*прим. пер.*).

В конце концов, Гершель 36, как и все звезды на Млечном Пути, умрет, и когда это случится, многие другие звезды выйдут к нам во всем блеске своей славы.

Эта Киля – пар от клубящихся газовых и пылевых облаков – представляет собой остатки взрыва звезды с неустойчивой звездной системой. Эта система, вероятно, состоит из двух гигантских звезд, сияющих с яркостью, в четыре миллиона раз превышающей яркость нашего Солнца. Считается, что одна из этих звезд – звезда Вольфа-Райе. Эти звезды огромные – их масса более чем в двадцать раз превышает массу нашего Солнца, и находятся они в постоянной борьбе между собой, стремительно перемещая вещество из ядра к своим внешним слоям и теряя каждую секунду огромные объемы массы в мощном солнечном ветре. В 1843 году Эта Киля взорвалась и стала одной из самых ярких звезд во Вселенной. Взрыв выбросил материю со скоростью почти в 2,5 миллиона километров (1,5 миллиона миль) в час и был настолько ярким, что его посчитали взрывом сверхновой. Эта Киля пока еще существует и по-прежнему похоронена в глубинах газовых облаков, но ее дни сочтены. Из-за своей огромной массы, звезда Вольфа-Райе набирает бешеную скорость, используя водородное топливо своего ядра. Ожидается, что в течение нескольких сотен тысяч лет

Глядя на Млечный Путь, мы можем видеть, как протекает весь цикл звездной жизни: примерно раз в год появляется новый свет – где-то в Космосе на Млечном Пути рождается новая звезда.

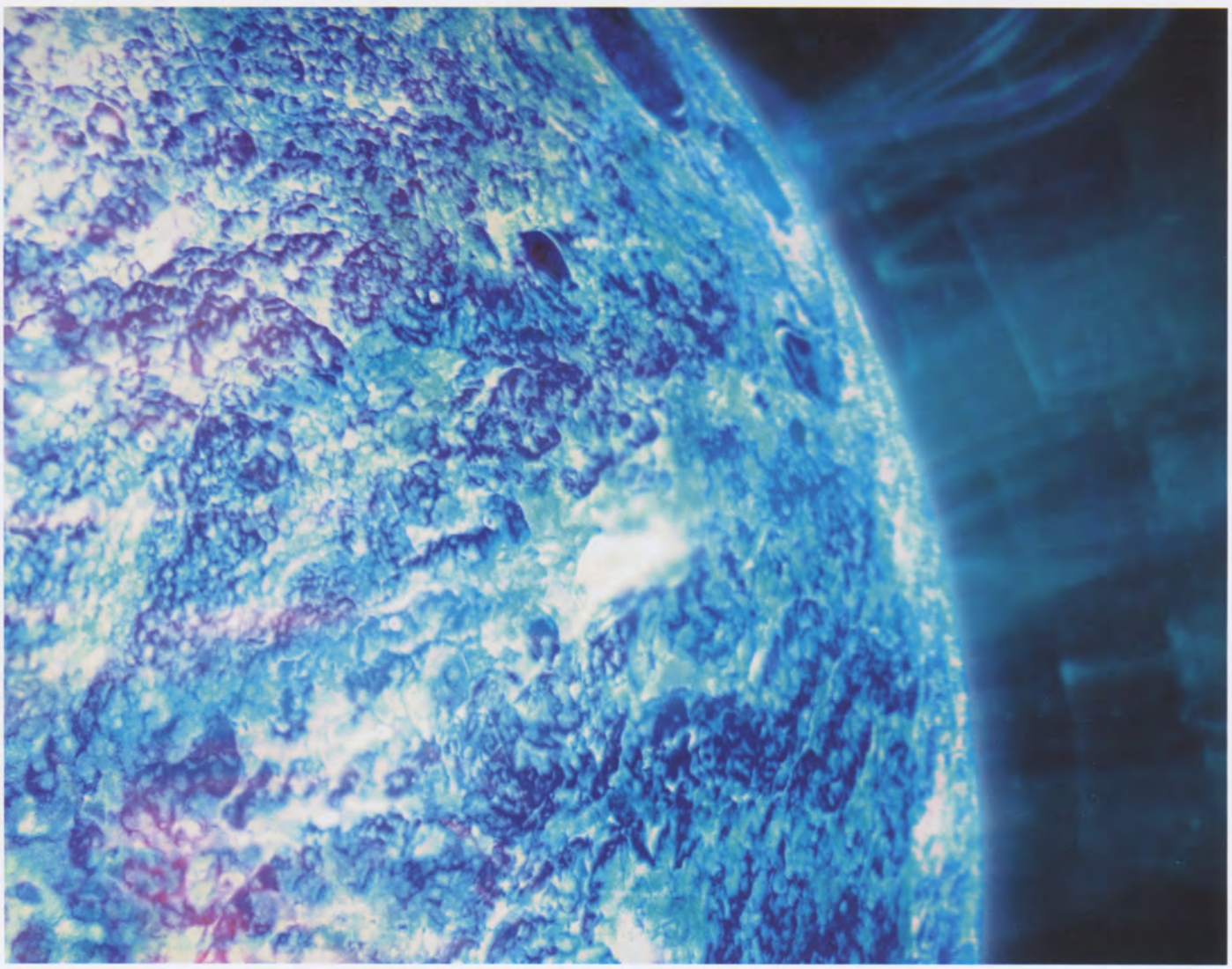


звезда взорвется и станет сверхновой или даже в гипернову, как называют самый большой взрыв, известный нам во Вселенной, хотя ее судьба может решиться и гораздо раньше. В 2004 году в галактике, расположенной более чем в семидесяти миллионах световых лет от Млечного Пути, был замечен взрыв, который, как считается, похож на взрыв Эта Киля в 1843 году. Всего два года спустя эта звезда взорвалась как сверхновая. Эта Киля намного ближе к нам — на расстоянии всего 7 500 световых лет, так что сверхновая звезда может светить так ярко, что ее будет видно с Земли даже при дневном свете.

Наблюдения света этих далеких миров и жизненного цикла Вселенной, которая находится в постоянном движении и развитии, — это захватывающее дух напоминание нам о том, что именно свет представляет собой посланника, несущего нам информацию о чудесах Вселенной через межзвездные и межгалактические пространства. Но свет может гораздо больше, чем просто показать нам эти далекие миры. Он позволяет нам совершить путешествие назад во времени, обеспечивая прямую и реальную связь с нашим прошлым. Это на первый взгляд невозможное положение вещей сложилось не только потому, что свет несет нам определенную информацию, но и из-за свойств самого света. ◉

СЛЕВА: Эта Киля — одна из самых массивных звезд, видимых в ночном небе, но из-за своей массы она еще и одна из самых нестабильных звезд; именно она может взорваться в самом ближайшем будущем.

ВНИЗУ: В конечном счете, все звезды в Млечном Пути умрут, многие из них переживут при этом эффектный взрыв. Гершель 36 сформировалась как раз в результате такого звездного взрыва, который произошел в системе Эта Киля.



ЧТО ТАКОЕ СВЕТ?

Если мы стремимся понять мир вокруг нас, один из самых основных вопросов, который мы должны задать себе, - вопрос о природе света. Именно благодаря свету мы видим нашу собственную планету, и только с его помощью мы сможем когда-нибудь исследовать Вселенную за пределами нашей Галактики. Пока что звезды находятся далеко за пределами нашей досягаемости, и мы полагаемся только на их свет, чтобы получить информацию о них. В XVII веке многие известные ученые изучали свойства света в деталях и параллельно совершали открытия в области техники и науки, которые, при условии их глубокого понимания, служили друг другу катализаторами. Исследования Кеплера, Галилея, Декарта и некоторых других поистине великих физиков - Гюйгенса, Гука и Ньютона - направлялись желанием построить такие линзы для микроскопов и телескопов, чтобы исследовать Вселенную в любом масштабе и делать великие научные открытия в области фундаментальных наук.

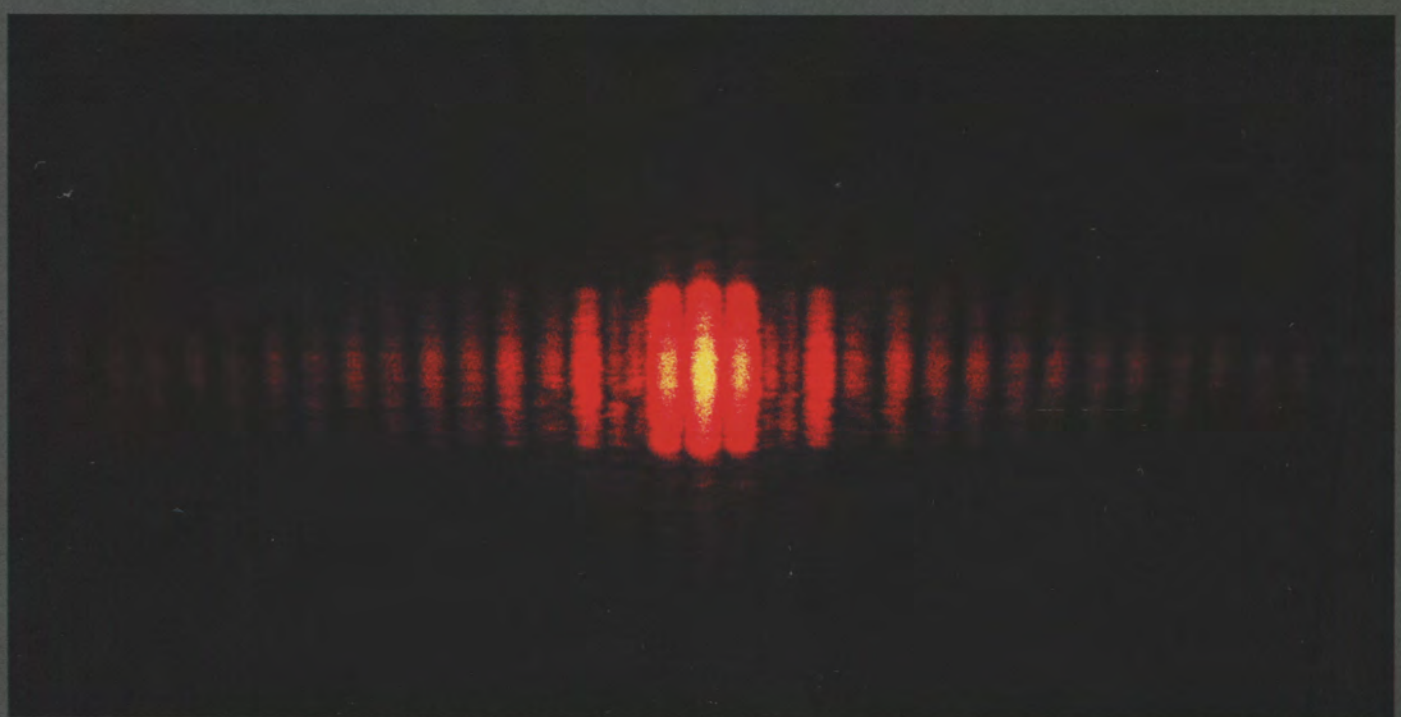
ДВУХЩЕЛЕВОЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ЮНГА

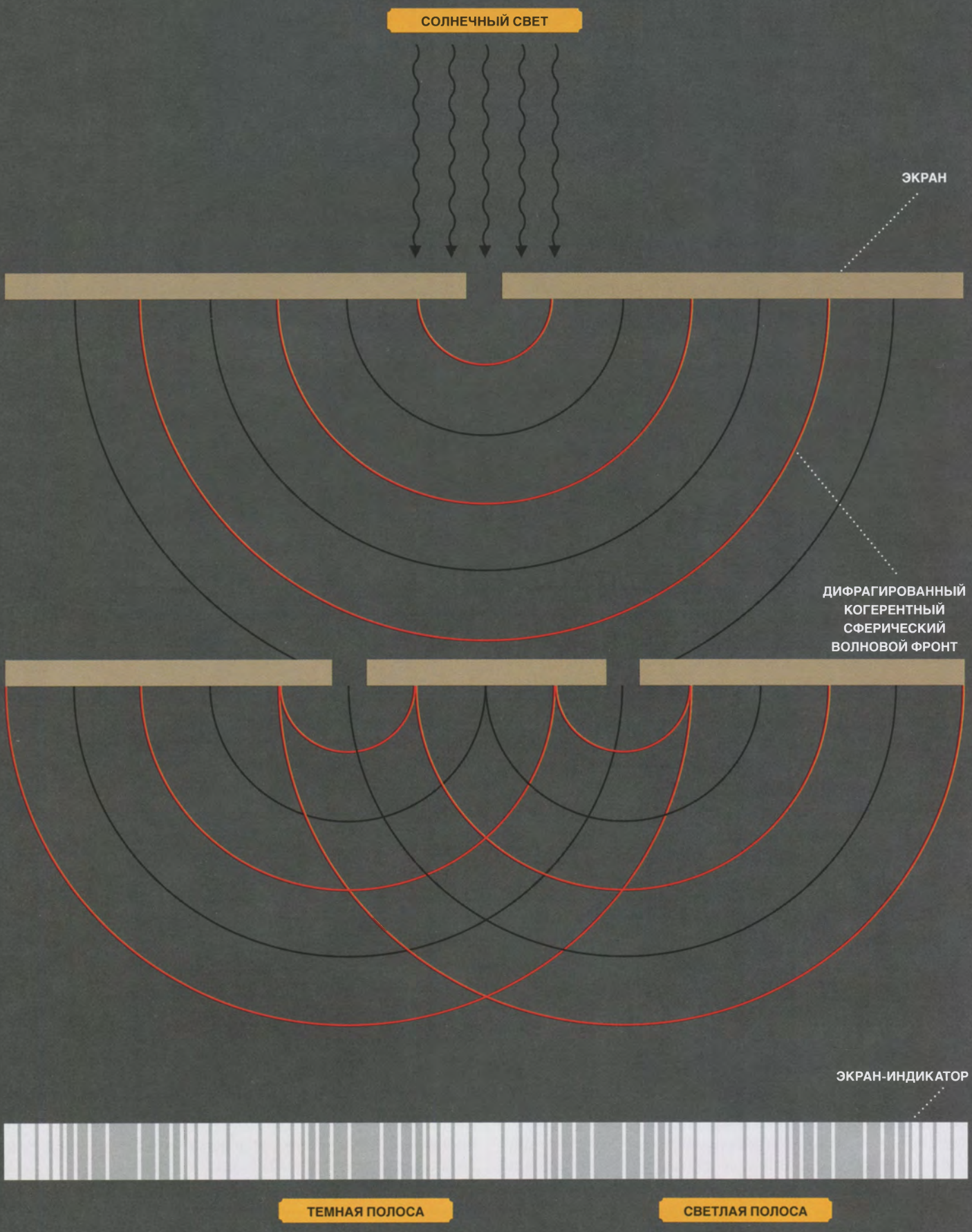
ВНИЗУ: Результаты двухщелевого эксперимента Юнга раскрываются на этой подробной пространной картине. Эксперимент показывает, что природа света представляет собой неразрывность волны и частицы; такова же природа и других квантовых частиц.

К концу XVII века возникли две конкурирующие теории света, и обе они оказались правильными. По одну сторону был сэр Исаак Ньютон, который считал, что свет состоит из частиц – или «корпускул», как он назвал их в своей «Гипотезе света», опубликованной в 1675 году. С другой стороны были великие научные противники Ньютона – Роберт Гук и голландский физик и астроном Христиан Гюйгенс. Они отстаивали волновую теорию света. Частице-волновые дискуссии «грохотали» до тех пор, пока на рубеже XVIII – XIX веков большинство физиков не согласилось с Ньютоном. Существовали некоторые заметные исключения, в том числе великий математик Леонард Эйлер, который считал, что явление дифракции может быть объяснено только волновой теорией. В 1801 году появился английский врач Томас Юнг. Именно ему выпала честь урегулировать этот вопрос раз и навсегда: он сообщил о результатах своего знаменитого двухщелевого эксперимента, в котором четко показал, что свет дифрагирован и, следовательно, должен проходить в виде волны.

Дифракция – это интересное и красивое явление, которое очень трудно объяснить, не учитывая волновую природу света. Если направить свет на экран через барьер с очень тонкой разрезающей его щелью, вы не увидите яркого света на экране напротив щели, но вместо этого вы увидите сложные, но регулярные светлые и темные полосы.

Объясняется это тем, что, когда вы смешиваете много волн, они не просто смешиваются. Представьте себе две волны строго одинаковой длины и высоты, направленные друг на друга (технически это называется амплитудой), но выравнивающиеся именно так, что пик одной волны приходится непосредственно на прогиб другой, то есть, говоря техническим языком, волны имеют 180 градусов по фазе, и поэтому они компенсируют друг друга. Если это световые волны, то вы получите тьму! Именно ее я видел через маленькие щели в дифракционных экспериментах. Щели действуют, как множество мелких источников света, все они несколько смещены относительно друг друга. Это означает, что за щелями будут места, где волны компенсируют друг друга, и места, где они будут суммироваться, что воспринимается как светлые и темные области, которые и наблюдал Юнг. Это было явным свидетельством того, что свет представляет собой волну. Вот только волну чего? ◉




СОЛНЕЧНЫЙ СВЕТ
ЭКРАН
ДИФРАГИРОВАННЫЙ КОГЕРЕНТНЫЙ СФЕРИЧЕСКИЙ ВОЛНОВОЙ ФРОНТ
ЭКРАН-ИНДИКАТОР
ТЕМНАЯ ПОЛОСА
СВЕТЛАЯ ПОЛОСА

ПОСЛАННИКИ КОСМИЧЕСКОГО ОКЕАНА

Как это часто бывает в науке, правильное объяснение природы света пришло из неожиданного источника. В середине XIX века изучением электричества и магнетизма занимались многие великие научные умы. В Королевском институте в Лондоне Майкл Фарадей был занят тем, что ученые делают лучше всего, — играл с проводами и магнитами. Он обнаружил, что если нажать на магнит катушкой с проводом, то электрический ток будет идти через проволоку, пока магнит движется. Это — генератор, вещь, которая имеется сейчас на всех электростанциях всего мира, вырабатывая для нас электричество. Фарадей не был заинтересован в изобретении «основы основ» современного мира, он просто хотел больше узнать об электричестве и магнетизме. Он закодировал результаты своих экспериментов в математической формуле, которую сегодня мы называем законом электромагнитной индукции Фарадея. Примерно в то же время французский физик и математик Андре-Мари Ампер обнаружил, что два параллельных провода проводят электрический ток благодаря силе, возникающей между ними. Эта сила до сих пор используется для определения ампера или ампа[1] — единицы измерения электрического тока. Один ампер определяется как ток, который должен протекать по двум параллельным проводам бесконечной длины и незначительного диаметра, производя силу притяжения в 0.0000007 ньютонов между ними. Каждый раз, заменяя тринадцатиамперный усилитель в вилке, вы отдаете малую дань работе Ампера. Сегодня математическая формула этого закона называется законом Ампера.

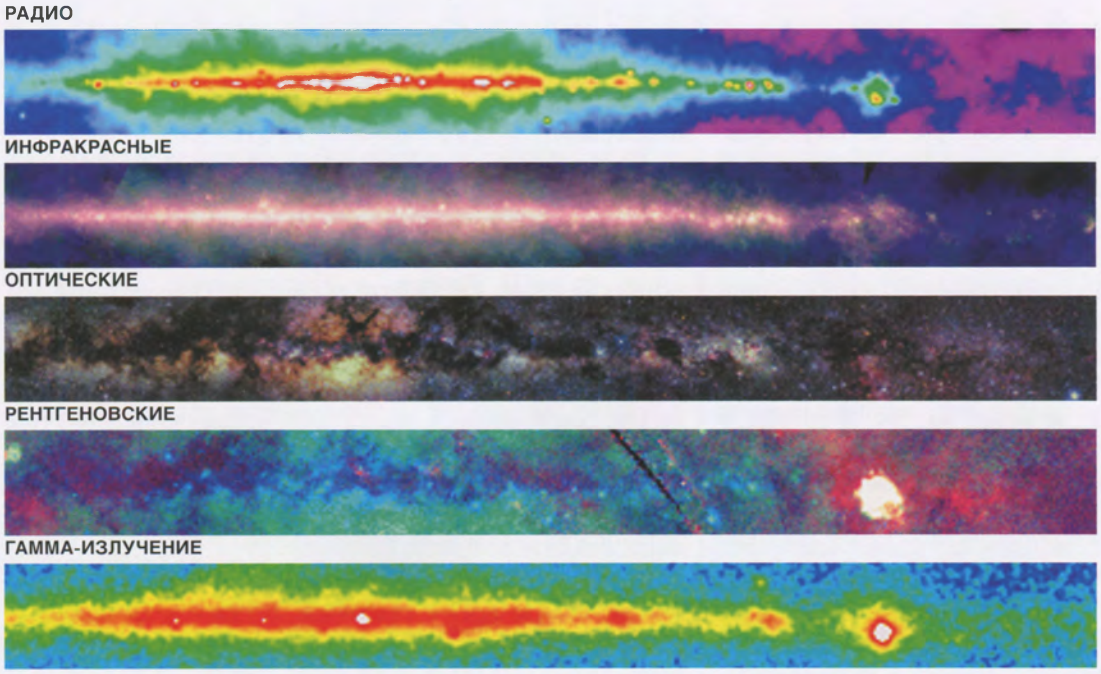
К 1860 году уже многое было известно об электричестве и магнетизме. Магниты могут быть использованы для производства электрического тока, а текущий по проводам электрический ток может отклонить иглу компаса таким же образом, как и магниты. Существовала четкая связь между этими двумя явлениями, но никто не придумал для этого единого и полного описания. Это сделал шотландский физик Джеймс Клерк Максвелл. В серии работ в 1861 — 1862 годов он разработал единую теорию электричества и магнетизма, которая смогла объяснить все экспериментальные работы Фарадея, Ампера и других исследователей. Однако триумф Максвелла пришелся на 1864 год, когда он опубликовал статью, которая, несомненно, является одним из величайших достижений в истории науки. Альберт Эйнштейн позже описал работы Максвелла 1860-х годов как «самые глубокие и самые плодотворные в экспериментальной физике со времен Ньютона». Максвелл обнаружил, что благодаря объединению электрических и магнитных явлений в единую математическую теорию становятся возможны поразительные предсказания.

Электричество и магнетизм можно объединить, введя два новых понятия: электрическое и магнитное поля. Идея поля занимает центральное место в современной

[1] В отечественной науке принято единицу измерения электрического тока называть «ампером», а по-английски ее называют «амп» (*прим. пер.*)

СЛЕВА: Движение волн через океан можно описать набором уравнений; Максвелл открыл аналогичный вид уравнения, описывающий движение волн в магнитных полях.

ВНИЗУ: Эти фотографии иллюстрируют полосы карты галактики Млечный Путь по мере их появления на разных участках длины волны.



Связь между электричеством, магнетизмом и скоростью света обобщена в уравнении:

$$C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$$

C — скорость света, а количества μ_0 и ε_0 связаны с сильными электрическим и магнитным полями. Тот факт, что скорость света может быть измерена в настольном эксперименте с проводами и магнитами, был ключевой частью доказательства того, что свет представляет собой электромагнитные волны.

Уравнения Максвелла имеют точно такой же вид, что и уравнения, описывающие распространение звуковых волн по воздуху или водяных волн по океану.

физике. Можно ввести понятие магнитного поля, удерживая компас около проволоки, по которой пропущен электрический ток, и записывая, насколько отклоняется его стрелка и в каком направлении. Максвеллу удалось единым набором уравнений описать все известные нам электрические и магнитные явления.

На этом этапе вы можете задаться вопросом: какое все это имеет отношение к истории света? Максвелл сумел «перелить» эти уравнения в более компактную и волшебно-совершенную форму. Его новые уравнения приняли форму волновых уравнений. Следовательно, они имели точно такой же вид, что и уравнения, описывающие процесс перемещения звуковых волн по воздуху или водяных волн, бегущих по океану. Но по-прежнему оставался открытым вопрос: волны чего? «Волны Максвелла» описывали волны в электрических и магнитных полях. Его уравнения показали, что по мере того как электрическое поле изменяется, оно создает переменное магнитное поле. В свою очередь, по мере изменения магнитного поля, оно создает переменное электрическое поле, которое создает переменное магнитное поле, и так далее. Другими словами, стоит вам сдвинуть несколько электрических зарядов, чтобы изменить электрическое и магнитное поля, вы можете убрать заряды, а поля будут продолжать «плескаться», причем когда одно из них падает, другое растет.

Уравнения Максвелла точно предсказали, насколько быстро эти волны должны «улетать» от создавших их электрических зарядов. Скорость распространения волн представляет собой отношение напряженностей электрического и магнитного полей — величин, которые были измерены Фарадеем, Ампером и другими и которые были хорошо известны Максвеллу. Когда Максвелл получил эти числа, он, должно быть, упал со стула. Он обнаружил, что его уравнения предсказали, что волны в электрических и магнитных полях движутся со скоростью света! Другими словами, Максвелл обнаружил, что свет есть не что иное, как переменные электрическое и магнитное поля, которые «плещутся» взад и вперед и «перебрасывают» друг друга сквозь пространство. Как прекрасно, что «игра» Фарадея, Ампера и других с катушкой провода и кусочками магнитов может привести к такому глубокому выводу, если к этому прибавить немного математики и брызжущего шотландского гения! На современном языке мы бы сказали, что свет — это электромагнитная волна.

Но для того, чтобы прозреть, Максвеллу необходимо было точно знать скорость света. Примечательно, что тот факт, что свет распространяется очень быстро, но не бесконечно быстро, был уже известен в течение почти двухсот лет. Как мы теперь знаем, она впервые была измерена Оле Рёмером в 1676 году. ◉

ПОГОНЯ ЗА СКОРОСТЬЮ СВЕТА

Посмотрите на мир широко открытыми глазами: свет, кажется, «прыгает» с предметов на сетчатку, мгновенно образуя целостную картину мира. Свет, кажется, движется бесконечно быстро, поэтому неудивительно мнение Аристотеля и многих других философов и ученых, которые считали, что свет передвигается «без движения». Однако в то время как греческие философы размышляли о природе света, следующие дискуссии разворачивались вокруг скорости его передвижения, и продолжались они в течение тысячелетий.

В одном ряду оказались Евклид, Кеплер и Декарт, которые присоединились к Аристотелю, полагая, что свет распространяется бесконечно быстро. В другом — Эмпедокл и Галилей, разделенные почти двумя тысячелетиями и считавшие, что свет должен двигаться если и очень быстро, то все-таки скорость его должна быть конечна. Рассуждения Эмпедокла были элегантны и предшествовали мнению Аристотеля. Он считал, что свет, распространяясь через огромное расстояние от Солнца до Земли, во время своего путешествия от одной точки к другой должен сохраняться в пути. Другими словами, свет должен где-то пребывать в пространстве между Солнцем и Землей после своего выхода из Солнца и прежде, чем он достигнет Земли. Это означает, что он должен двигаться с конечной скоростью. Аристотель отклонил этот аргумент, ссылаясь на то, что свет — это просто «присутствующее нечто», а не то, что движется между предметами. Без экспериментальных данных невозможно было бы выбрать между этими двумя позициями, просто размышляя об этом!

Галилей предлагал измерять скорость света при помощи двух ламп. Он держал одну лампу и отправил помощника на большое расстояние с другой. Когда они были на местах, Галилей открыл затвор своей лампы, выпуская свет. Когда его помощник увидел вспышку, он открыл свой затвор, и Галилей попытался записать временную задержку между открытием своего затвора и наблюдением вспышки от лампы его ассистента. Его вывод: свет должен двигаться чрезвычайно быстро, потому что ему не удалось определить его скорость. Галилею, однако, удалось определить «предельную» скорость света, отметив, что она должна быть, по крайней мере, в десять раз выше скорости звука. Ему удалось сделать это, потому что, если бы она была меньше, он бы смог измерить время задержки. Таким образом, неспособность Галилея измерить скорость света не рассматривалась как «отсутствие результата», но она на деле показала, что свет распространяется быстрее, чем такой эксперимент может определить.

Первое экспериментальное определение того, что скорость света не бесконечна, было сделано в XVII веке датским астрономом Оле Рёмером. В 1676 году Рёмер

ВНИЗУ: Вопрос, насколько высока скорость света, преследует ученых на протяжении тысяч лет. Отчасти ответ был найден при наблюдении того, как свет распространяется между двумя точками: от Солнца к Земле.

ВНИЗУ: Эти захватывающие следы звезд в небе — результат суточного движения. Это движение создается вращением Земли вокруг своей оси, которое, в свою очередь, вызывает отклонение на пятнадцать градусов каждый час, совершая полный оборот один раз за двадцать четыре часа.

пытался решить одну из великих научных и инженерных задач: речь идет о времени в море. Определение точного времени было необходимым условием обеспечения безопасности плавания через океаны, но механические часы на основе маятников или пружин не годились для этой цели, так как сбивались с ритма из-за океанских волн и вскоре рассинхронизировались. Для того чтобы точно определить свое положение на Земле, необходимо знать широту и долготу. Широту определить легко: в Северном полушарии угол склонения Полярной звезды (Polaris) по отношению к горизонту и будет вашей широтой. В Южном полушарии дело обстоит сложнее, потому что там нет звезды, расположенной непосредственно над Южным полюсом, но это возможно при наличии небольших знаний астрономии и тригонометрии, которые необходимы для определения своей широты с достаточной точностью, что обеспечивает безопасность судоходства.

Долготу определить намного сложнее, потому что нельзя просто определить ее, глядя на звезды. Нужно знать, в каком часовой поясе вы находитесь. Через Гринвич в Лондоне проходит нулевой меридиан; если вы путешествуете на запад от Гринвича через Атлантический океан, ваш часовой пояс сдвигается, и в Нью-Йорке он окажется на день раньше, чем в Лондоне. С другой стороны, если вы путешествуете востоку от Гринвича, ваш часовой пояс сдвигается в обратную сторону: в Москве или Токио он окажется на день позже, чем в Лондоне.

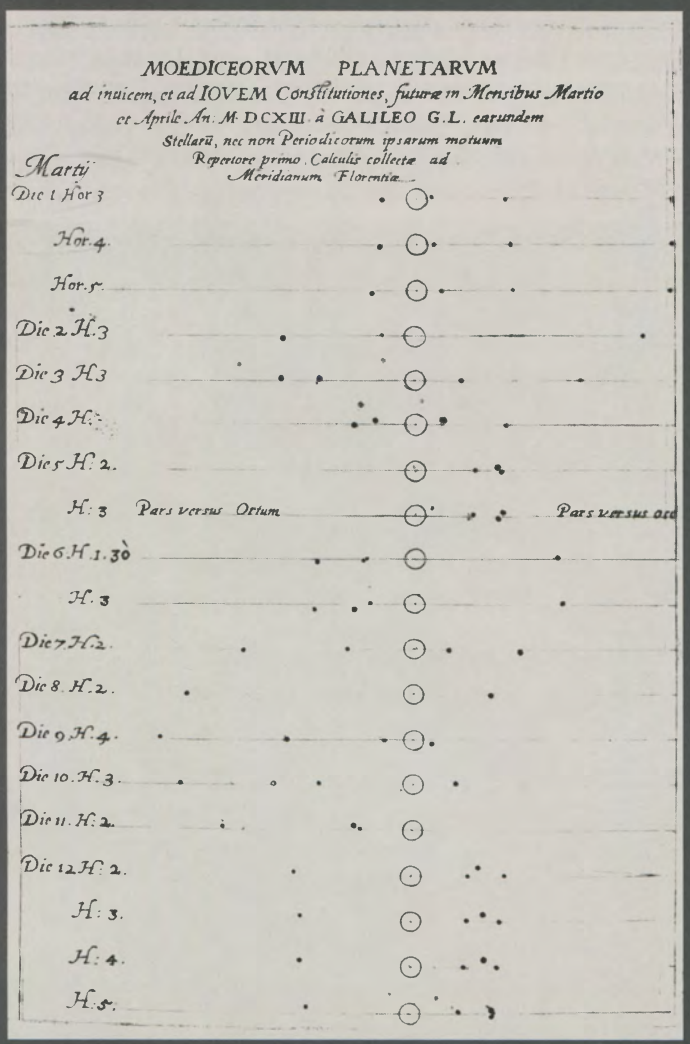
Ваш точный часовой пояс на земной поверхности определяется точкой, в которой Солнце пересекает воображаемую дугу на небе между севером и югом — точками на вашем горизонте, — проходящую через полюс (точка, отмеченная по Полярной звезде в Северном полушарии). Астрономы называют эту дугу меридианом. Точка, в которой Солнце пересекает меридиан, является также точкой, в которой оно достигает своей высшей позиции в небе в любой день своего путешествия от рассвета на востоке до заката на западе. Мы называем это время зенитом или полднем. Земля делает один оборот вокруг своей оси примерно каждые двадцать четыре часа — пятнадцать градусов в час. Это означает, что две точки на земной поверхности, разделенные пятнадцатью градусами долготы, будут измерять полдень со смещением ровно на один час. Таким образом, чтобы определить вашу долготу, поставьте часы так, чтобы они показывали 12:00, когда Солнце достигает высшей точки в небе в Гринвиче. Если они показывают 14:00, когда Солнце достигает своей высшей точки в небе там, где вы находитесь, — вы в тридцати градусах к западу от Гринвича. Сделать это легко, только вам понадобятся очень точные часы, которые не будут отставать долго, в течение недель или месяцев подряд. ◉

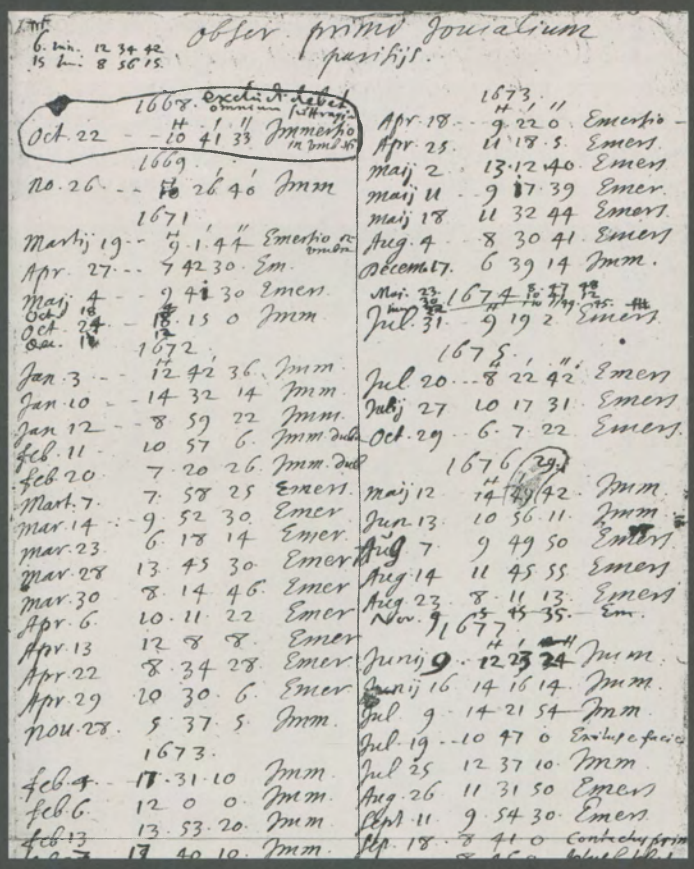
ПОИСК КОСМИЧЕСКИХ ЧАСОВ

СПРАВА: Цвета Юпитера на этом снимке, сделанном ближней инфракрасной камерой космического телескопа Хаббл, кажутся искусственными. Три черных пятна – это тени спутников Ганимеда (вверху слева), Ио (слева) и Каллисто. Белое пятно чуть выше центра – это Ио, а синее пятно (вверху справа) – Ганимед. Каллисто выходит за пределы фотографии вправо.

В начале XVII века король Испании Филипп III предложил вознаграждение тому, кто сможет разработать метод точного расчета долготы, находясь вдалеке от суши. Технологическая задача создания достаточно точных часов была слишком трудна, поэтому ученые начали искать высокоточные природные часы, и казалось, что вполне разумно будет обратиться к небесам. Галилей, открывший спутники Юпитера, был убежден, что он мог бы использовать их орбиты как часы, так как они регулярно входят в тень планеты-гиганта и выходят из нее. Используя систему Юпитера в качестве космических часов, Галилей разработал точную систему слежения за временем. Однако наблюдение с подвижного корабля затмений этих крошечных точек света, расположенных примерно за три четверти миллиарда километров (полмиллиарда миль) от Земли, было нецелесообразным, поэтому, хотя логика была очевидной, он не смог выиграть приз короля. Несмотря на это стало ясно, что этот метод может быть использован для точного измерения долготы на суше, при стабильных условиях и при наличии телескопов высокого качества. Таким образом, наблюдения и каталогизация затмений спутников Юпитера, в частности, Ио, стали ценной астрономической информацией.

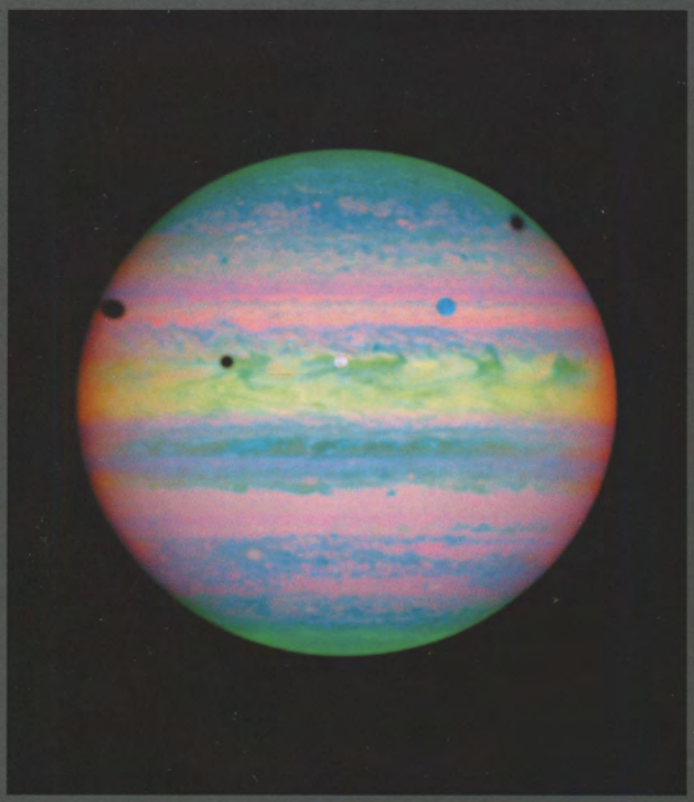
В середине XVII века Джованни Кассини исследовал спутники Юпитера. Он первым использовал затмения Ио для измерения долготы и опубликовал подробные таблицы с датами затмений. В обсерватории Ураниборга, недалеко от Копенгагена, Жан Пикар и Оле Рёмер в течение нескольких месяцев 1671 года наблюдали более ста затмений Ио и отметили время затмений и интервалы



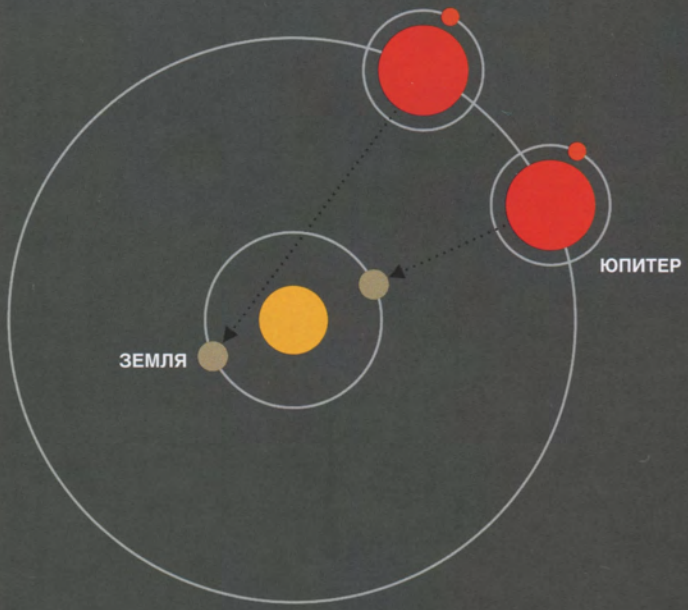


СЛЕВА: Эти эскизы (опубликованные в издании «Истории и демонстрации» в 1613 году) показывают изменения положения спутников Юпитера на протяжении 12 дней. Юпитер представлен в виде большого круга с четырьмя спутниками в виде точек с обеих сторон.

НАВЕРХУ: Записи наблюдений Оле Рёмера подробно показывают его исследования движений Ио.



ТЕОРИЯ РЁМЕРА: прогноз появления Ио из-за Юпитера, при наблюдении с Земли зависит от разницы расстояния между Землей и Юпитером в зависимости от их положения на орбите.



между ними. Объединив данные из Ураниборга с наблюдениями Кассини из Парижской обсерватории, Рёмер заметил, что небесная точность «часов Юпитера» была не так высока, как можно было ожидать. В течение нескольких месяцев Рёмер прогнозировал, когда Ио окажется позади дрейфующего Юпитера. В зависимости от времени года наблюдалось значительное расхождение - более чем на двадцать две минуты - между прогнозируемыми и фактически наблюдаемыми временными интервалами между затмениями. Рёмер придумал гениальное и абсолютно верное объяснение тому, что происходит.

Рёмер заметил, что наблюдаемые им временные отрезки между затмениями сдвигаются на более позднее время по отношению к предсказанному по мере удаления Юпитера от Земли и увеличения расстояния между планетами, вращающимися вокруг Солнца, и на более ранее, когда расстояние между Юпитером и Землей сокращается. Гениальность Рёмера позволила ему понять, что эта модель доказывает правильность «часового механизма Юпитера и Ио», а погрешность зависит от расстояния между Землей и Юпитером и не имеет ничего общего с периодами обращения Ио. По мере того, как расстояние между двумя планетами увеличивается, свету от Юпитера требуется больше времени, чтобы достигнуть Земли. С другой стороны, по мере приближения Юпитера к Земле свету требуется меньше времени, чтобы до нас добраться, и поэтому Ио появляется раньше, чем ожидалось. Рёмер смог правильно объяснить изменение времени при наблюдении затмений. Число, которое на самом деле рассчитал Рёмер, было временем передвижения света по диаметру орбиты Земли вокруг Солнца и составляло примерно двадцать минут. Он никогда не пересчитывал это число в скорость света. Впервые число скорости света опубликовал голландский астроном Христиан Гюйгенс в «Трактате о свете» (1678). Он указал скорость в странных единицах: 110 миллионов ярдов в секунду. Принимая во внимание, что ярд равен двум метрам или семи футам, получается скорость в 220 миллионов метров в секунду, что не так уж далеко от современного значения 299 792 458 метров или 983 571 503 футов в секунду. Ошибка заключалась, в первую очередь, в определении диаметра орбиты Земли при ее вращении вокруг Солнца.

Консенсус относительно скорости света был достигнут только после смерти Рёмера (1710), но его измерение скорости света было первым определением ценности того, что ученые называют «постоянной природы». Эти числа, как и постоянная гравитационная Ньютона, как и постоянная Планка, остаются неизменными со времен Большого Взрыва и являются главным достоянием нашей Вселенной. Они занимают важнейшее положение в физике, независимое от нашего существования, и ритм Вселенной невозможно было бы распознать, если бы их значения были хоть немного изменены.

ОГРАНИЧИТЕЛИ СКОРОСТИ

У всего в нашей Вселенной есть ограничители скорости, и большинство людей двадцатого столетия кажутся одержимыми их разрушением. В 1940-х – 1950-х годах звуковой барьер обладал почти мифическим статусом, так как инженеры по всему миру пытались построить самолет, скорость которого превышала бы 1236 километров (768 миль) в час, что соответствовало скорости, с которой звук передвигается в воздухе при температуре 20°C. Но что означает это ограничение скорости? Что подразумевает физика этого явления, и как она влияет на попытки нашей инженерии преодолеть ее?

Звук в разных газовых средах передвигается, возмущая их молекулы – это всего лишь импульс давления, который перемещается сквозь воздух.

Скорость этой волны давления определяется свойствами воздуха. Скорость звука в воздухе зависит от его температуры: чем выше температура, тем быстрее движутся молекулы воздуха. Кроме того, она зависит от массы молекул воздуха, а воздух, как известно, – это, в первую очередь, смесь азота и кислорода. И еще реакция воздуха на сжатие может быть обусловлена так называемым «адиабатическим индексом». В разумном приближении, скорость звуковой волны зависит, главным образом, от средней скорости молекул воздуха при определенной температуре.

Следовательно, скорость звука – совсем не предел скорости. Это просто скорость, с которой волна давления проходит через воздух, и нет никаких причин, почему бы какому-либо объекту не удалось бы ее превысить. Это было известно задолго до того, как были изобретены самолеты, но это знание не удовлетворяло тех, кто хотел помочь человеку двигаться быстрее звука. В ходе второй мировой войны было предпринято множество попыток производства сверхзвуковых самолетов, но звуковой барьер не был преодолен вплоть до 14 октября 1947 года, когда Чак Йегер стал первым человеком, пилотировавшим сверхзвуковой самолет. На самолете Bell-XS1 Йегер был выпущен из бомбового отсека модифицированного бомбардировщика B29 и в горизонтальном полете преодолел звуковой барьер, с чем и вошел в историю авиации.

Хоукер «Хантер» – это легендарный британский истребитель послевоенной эпохи, созданный в 1950-х годах. Этот самолет не должен летать на сверхзвуковых

Скорость звука – это совсем не предел скорости. Это просто скорость, с которой волна давления проходит через воздух, и нет никаких причин, почему бы какому-либо объекту не удалось бы ее превысить.

скоростях в горизонтальном полете, но в умелых руках пилота он может превышать и скорость 1200 км (745 миль) в час, преодолевая звуковой барьер. Мы поднялись на высоту 12 800 метров (42 000 футов), пилот «уронил» «Хантера» в штопор, а затем направил его на полной скорости к Бристольскому каналу. В считанные секунды истребитель преодолел звуковой барьер, и параметры окружающего нас воздушного потока изменились. На земле этот момент был воспринят как взрыв или звуковой хлопок.

Следовательно, звуковой барьер – это вовсе не препятствие, а всего лишь ограничение скорости самого звука, определяемое физикой движения молекул воздуха. А что же световой барьер – то же самое? Казалось

НАВЕРХУ И СПРАВА: Как только мы добрались до высоты в 12 800 метров, пилот «уронил» Хоукер «Хантер» в штопор, и мы нырнули вниз сквозь облака вверх ногами. Тогда мы и преодолели звуковой барьер.

бы, исходя из нашего описания света как электромагнитной волны, это должно быть так. Тогда почему же достаточно мощный самолет или космический корабль не может летать быстрее, чем волны в электрическом и магнитном полях? Ответ заключается в том, что «световой барьер» имеет совершенно иную природу и в принципе не может быть преодолен. Причиной этого является то, что скорость света играет гораздо более важную роль во Вселенной, чем просто скорость, с которой распространяется свет. Истинное понимание роли этой скорости — 299 792 458 метров (983 571 503 футов) в секунду — было достигнуто в 1905 году Альбертом Эйнштейном в его специальной теории относительности. Эйнштейн, вдохновленный работой Максвелла, создал теорию, в которой пространство и время объединены в одно целое: «пространство-время». Эйнштейн предположил, что не следует представлять наш мир только в трех измерениях: север/юг, восток/запад и вверх/вниз. Он добавил четвертое измерение — прошлое/будущее. Следовательно, с признанием четвертого измерения «пространство-время» стали называть четырехмерным.

В теории Эйнштейна скорость света — универсальная природная постоянная, которая всегда будет измеряться максимально точно: 299 792 458 метров (983 571 503 футов) в секунду в любое время и везде во Вселенной, независимо от того, где расположен наблюдатель и как объекты движутся относительно друг друга. Это особенно важно для теории Эйнштейна, потому что мешает нам совершать произвольное движение в пространстве-времени. Если прошлое/будущее — это просто другое направление движения, как север/юг или верх/низ, то почему мы не можем бродить взад и вперед во времени? Почему мы можем «путешествовать» только в будущее, а не в прошлое?

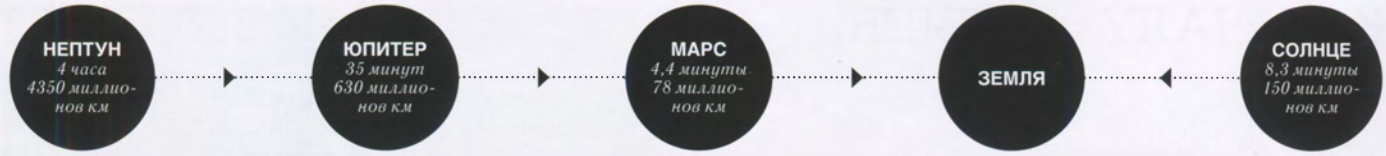
В теории относительности Эйнштейна существование этой условной особой скорости делает направление движения во времени отличным от направления движения в пространстве и препятствует путешествиям во времени. Эта особая скорость сама встроена в ткань пространства и времени и играет важную роль в структуре нашей Вселенной. Какое это имеет отношение к скорости света? Никакого! Существует причина, по которой свет движется с такой именно скоростью, но она кажется нам полным совпадением. В теории Эйнштейна все, что не имеет массы, вынуждено передвигаться в пространстве с этой особой скоростью. И наоборот: все, что имеет массу, вынуждено передвигаться медленнее этой скорости. Частицы света, фотоны, не имеют массы, поэтому они движутся со скоростью света. Нет никаких известных нам важных причин того, почему фотоны не имеют массы, так что нет и никаких важных причин того, почему свет движется со скоростью света! Мы называем эту особую скорость «скоростью света» только потому, что она была обнаружена с помощью измерения скорости света.

Скорость света — фундаментальное свойство Вселенной, поскольку она встроена в ткань пространства и времени как таковых. Оно защищает прошлое от будущего и предотвращает «путешествия во времени» в прошлое. ◉

ПУТЕШЕСТВИЕ ВО ВРЕМЕНИ

Незаметно для себя мы все путешествуем назад во времени по самым незначительным поводам. Вследствие быстрого, но не бесконечно быстрого распространения света мы «видим» то, что было в прошлом. В повседневной жизни последствия этого странного факта интригуют, но не имеют значения. Может быть, совершенно верно то, что вы видите свое отражение в зеркале и в прошлом, но поскольку свету требуется всего лишь одна миллиардная доля секунды для того, чтобы преодолеть тридцать сантиметров (двенадцать дюймов) - расстояние от вашего лица до зеркального стекла, - эта задержка во времени почти невидима. Однако чем дальше мы находимся от объекта, тем больше становится задержка. Хотя на крошечных расстояниях эффект всегда крайне незначителен, должно быть очевидно, что как только мы поднимем глаза вверх, к небу, и станем астрономами, нас ожидают серьезные последствия.

СПРАВА: Редкое зрелище: на этом снимке виден в ночном небе полумесяц земного спутника над Венерой (внизу) и Юпитером (справа). Поскольку свету требуется много времени, чтобы достигнуть Земли с других планет и спутников, в зависимости от того, насколько далеко они находятся, мы заглядываем глубоко в их прошлое.



Посмотрите на Луну и вы увидите недалекое прошлое нашего ближайшего соседа, потому что она в среднем находится на расстоянии около 380 000 км (236 120 миль) от Земли; заметно конечно, но не столь важно. Однако взгляните на Солнце, и вы действительно окунетесь в прошлое.

Расстояние Солнца от Земли составляет 150 миллионов километров (93 миллиона миль) — это очень близко по космическим меркам, но на этих расстояниях скорость света соизмерима со скоростью пешехода на Земле, то есть мы видим Солнце таким, каким оно было восемь минут назад. У этого явления есть странное следствие: если бы мы волшебным образом удалили Солнце, мы чувствовали бы его тепло на наших лицах и видели бы его образ, ярко светящийся в нашем небе, еще в течение восьми минут. А поскольку скорость света — это, фактически, максимальная скорость, с которой любой объект может передвигаться во Вселенной, то эта задержка относится и к гравитации. Так что если Солнце волшебным образом исчезнет, мы не только будем продолжать видеть его в течение восьми минут, мы еще будем продолжать вращаться вокруг него. Мы искренне и старательно ищем щель во времени каждый раз, когда смотрим на Солнце.

Однако это только начало нашего путешествия во времени. Глядя на планеты и спутники Солнечной системы, мы движемся все дальше и дальше в прошлое. Чтобы достигнуть Земли от Марса, свету требуется от четырех до двадцати минут в зависимости от относительного положения Земли и Марса на своих орбитах вокруг Солнца. Это оказывает значительное влияние на дизайн и эксплуатацию транспортных средств, предназначенных для передвижения по поверхности Марса. Когда Марс достигнет своей самой дальней от Земли точки, потребуется, по меньшей мере, сорок минут, чтобы направить марсоход над обрывом, а затем суметь его остановить, так что марсоходы должны в такой ситуации уметь сами управлять собственным интеллектом или должны уметь делать что-либо очень медленно. Юпитер в его ближайшей к Земле точке находится приблизительно в тридцати двух световых минутах. Когда мы отправимся в дальние пределы нашей Солнечной системы, свету от самой ее далекой планеты, Нептуна, потребуется около четырех часов, чтобы добраться до Земли. Путь радиосигналов в оба конца, отправленных и полученных «Вояджером-1» на самом краю нашей Солнечной системы в его путешествии в межзвездное пространство, в настоящее время составляет тридцать один час пятьдесят две минуты и двадцать две секунды по состоянию на сентябрь 2010 года.

Вы только подумайте: за пределами нашей Солнечной системы время, которое требуется свету, чтобы путешествовать от ближайших к нам звезд к соседним галактикам, измеряется уже не в часах или днях, но в световых годах. Альфу Центавра, ближайшую к нам звезду, видимую невооруженным глазом, мы наблюдаем такой, какой она была четыре года назад, и чем больше космическое расстояние, тем дальше путешествие в прошлое. ◉

К НАЧАЛУ ВРЕМЕН

Для съемок сериала «Чудеса Вселенной» мы выбирали визуально эффектные места, но вместе с тем они должны были быть «повествовательными», усиливая объяснение научных идей, которые мы хотели передать. Иногда демонстрация места действия обеспечивает больше повествовательности, чем текст. Существует резонанс или своеобразный симбиоз между наукой и местом, которое служит для подтверждения фактов и создает образ, который производит более глубокое и более содержательное впечатление. Для меня таким местом стала Большая Рифтовая долина.

Мы приехали в Танзанию 10 мая 2010 года. После короткого ночлега недалеко от аэропорта Килиманджаро нас отвезли в Серенгети в старинном темно-зеленом Toyota Land Cruiser'е с расширенным передним бампером и лопатой, привязанной к задней двери. Нас окружал совершенно

Большая Рифтовая долина — это не просто место с необычным геологическим строением ... Это вообще больше, чем просто место, потому что отголоски истории человечества звучат на этих равнинах громче, чем где-либо еще на планете.

африканский пейзаж: теплый мягкий свет освещал еще влажные от дождя равнины, казалось бы, слишком обширные, чтобы поместиться на нашей планете. Горизонт, затененный рассеянными грозовыми облаками, совсем не похожий на то, каким должно быть небо в начале лета, казался еще дальше, чем должен был быть на самом деле. Дожди вынуждают животных к миграции, и во время своего путешествия в Серенгети мы наблюдали тысячемильную процессию антилоп гну. Неустанный поток этих стад создает колеи в высушенной саванне вдоль торных древних дорог, которые, кажется, всегда идут под прямыми углами к направлению нашего движения, сотрясая Land Cruiser до основания его конструкций. Зебры, жирафы и газели Гранта пасутся, не обращая внимания на грохот, который производит наша бесстрашная съемочная группа.

СЛЕВА И ВНИЗУ: Большая Рифтовая долина в Танзании — один из самых зрелищных геологических уголков на Земле. Летнее небо было омрачено дождевыми тучами, но они вскоре рассеялись, открыв пыльный, явно африканский пейзаж и захватывающий вид.

Наш лагерь в строгом смысле слова имел идиллический вид. Палатки цвета хаки гнездились под акациями в тени гигантской медно-полосатой скалы, населенной племенем странствующих бабуинов, которые не преминули украсть наши бобины с пленкой. К счастью, нас охраняли масаи, которые (шутки в сторону!) адски жестоки и могут напугать не только бабуинов, но и львов Серенгети, и съемочную группу BBC.

Вот в чем все дело: причина «научного резонанса» этого места заключается в глубоком прошлом жизни этого драматического пейзажа. Большая Рифтовая долина — это не просто необычайное геологическое строение, простирающееся на 6000 км (3700 миль) от Сирии до Мозамбика. Ходить по этой земле — значит ходить по стопам ее истинно древних жителей. Таких предков, как Люси, — скелет, найденный Дональдом Йохансоном в эфиопской части долины в 1974 году. Это одна из важнейших окаменелостей, когда-либо обнаруженных на Земле. Люси — это останки австралопитека, возраст которых превышает 3,2 миллиона лет. Этого вымершего гоминида многие антропологи считают непосредственным нашим прародителем. Далее вниз по рифту в начале 1960-х годов Мария и Луис Лики обнаружили останки ранее известных видов нашего рода — *Homo* . *Homo habilis* — человек умелый, — как полагают, был прямым потомком австралопитеков, и, возможно, первым из наших предков, создавшим инструменты. Сидя прохладным вечером у костра в Серенгети, я чувствовал, будто вернулся к месту своего рождения спустя много лет. Есть что-то в географическом происхождении человека, что резонирует в течение всей его жизни или даже ста тысяч жизней, прожитых после той единственной, с которой все началось. ◉

[1] Homo — человек (*лат., прим. пер.*).

НАЙДЕННАЯ АНДРОМЕДА

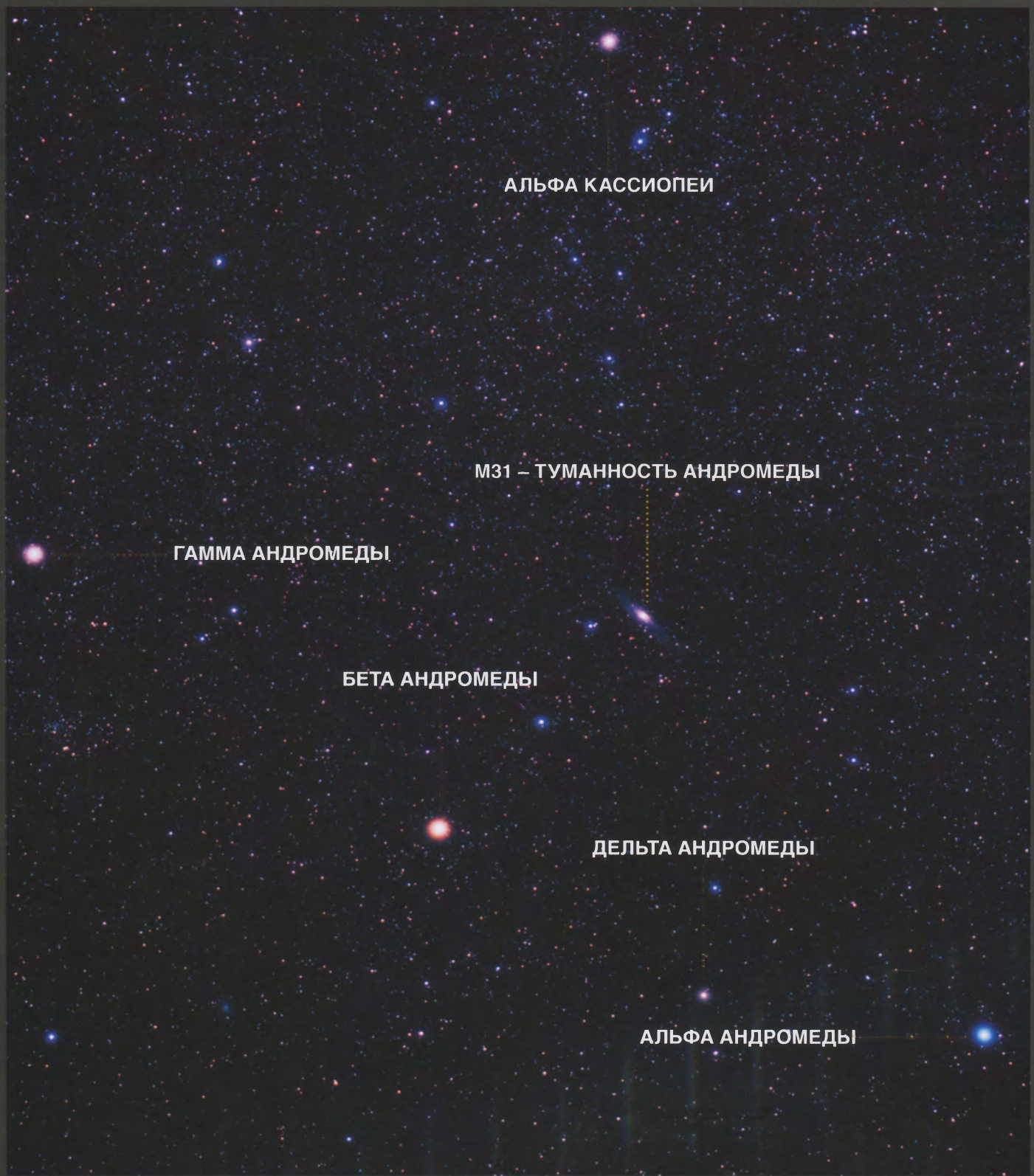
Связь между историей Серенгети и наукой, изучающей свет, - это тускло светящийся драгоценный камень в бархатном танзанийском небе. В отсутствии городов, рассеивающих темноту ночи, африканские равнины купаются в свете миллиардов солнц. Светящиеся дуги галактики Млечный Путь доминируют в небе; серебряный туман звезд окутывает небосвод; их так много, что их невозможно сосчитать. Каждая точка света и каждое пятно великолепного тумана видны невооруженным человеческим глазом, будь то звезды в нашей галактике или туманные Магеллановы облака - две небольшие карликовые галактики, вращающиеся вокруг Млечного Пути. Все, кроме одной…

Чтобы найти ее, нужно сначала найти созвездие Кассиопеи, отличающееся своей W-образной формой. Оно находится на противоположной стороне Polaris'a - Полярной звезды в созвездии Большой Медведицы, которое иногда называют Плуг. Кассиопея, близко расположенная к Полярной звезде, представляет собой постоянную особенность северного неба: она обращается вокруг Полюса за двадцать четыре часа и никогда не заходит за горизонт в высоких широтах. Если в вашем воображении вы расположите W Кассиопеи вертикально, то под правым V вы можете увидеть довольно большой слабо светящийся туманный участок в небе. Он сравним по яркости с большинством окружающих его звезд, хотя и слабее, чем яркие звезды Кассиопеи. Этот ничем не примечательный маленький участок, на мой взгляд, самый потрясающий объект, который можно увидеть невооруженным глазом, потому что это целая галактика за пределами Млечного Пути. Она называется Туманностью Андромеды и является нашим ближайшим галактическим соседом. Здесь обитают триллионы солнц, в ней в два раза больше звезд, чем в нашей Галактике. Она находится примерно за двадцать пять миллионов миллионов миллионов километров (пятнадцать миллионов миллионов миллионов миль) от нас, и до нас по-прежнему доходит ее свет.

Два с половиной миллиона лет назад, когда наш дальний родственник «человек умелый» перемещался в поисках пищи по всей танзанийской саванне, луч света левой части галактики Туманность Андромеды начал свое путешествие по Вселенной. Пока световой луч мчался в пространстве со скоростью света, поколения «предлюдей» и тех, что уже стали людьми, жили и умирали, развивались и вымирали целые виды, пока один из элементов этой непрерывной линии - я - не взглянул случайно в небо чуть ниже созвездия, которое мы называем Кассиопея, и луч света, наконец, сосредоточился на сетчатке моего глаза. Путешествие длиной два с половиной миллиарда лет закончилось, создав электрический импульс в нервных волокнах, что вызвало каскад чудесных впечатлений в сложном органе, называемом человеческим мозгом, которого не существовало ни в одной точке Вселенной, когда это путешествие начиналось. ◉

ВНИЗУ СЛЕВА: Этот череп «человека умелого» был найден в Олдувайском ущелье в Танзании. Ему, как полагают, около 1,8 миллиона лет.

СЛЕВА И ВНИЗУ: Весенними и зимними вечерами в северном небе видна невооруженным глазом спиральная галактика M31 – Туманность Андромеды. Чтобы ее найти, вам сначала нужно найти Кассиопею с ее характерной W-образной формой. Используйте нижнюю точку правого V в качестве стрелки и найдите под ней большой туманный сгусток в небе.



Обследование ночного неба невооруженным глазом может унести нас очень далеко в нашем путешествии, предпринятом для изучения и понимания чудес нашей Вселенной. Достижения в области технологии подарили нам ремесла, которые помогут человечеству отправиться в экспедиции за пределы нашей планеты, но сложное оборудование меняет и наше видение Вселенной.

СПРАВА: Космический телескоп Хаббл был отремонтирован астронавтом с «Индевора». Этот одиннадцатитонный телескоп позволил астронавтам и ученым гораздо глубже погрузиться в нашу Вселенную, чем раньше.

ТЕЛЕСКОП ХАББЛ

Наблюдения за небом невооруженным глазом позволят нам путешествовать только назад во времени, к истокам нашего вида, и всего на 2,5 миллиона световых лет от Земли. До недавнего времени Туманность Андромеды была самым дальним объектом, который мы могли наблюдать без помощи приборов. Современные мощные телескопы позволяют нам заглянуть все глубже и глубже в пространство. Теперь мы можем «путешествовать» далеко за пределы Туманности Андромеды, принимая в дар фотографии от «посланников», нагруженных информацией из гораздо более далекого прошлого.

Со времен Галилея за всю историю астрономии ни один телескоп не имел большего влияния на взгляды ученых, чем одиннадцатитонная машина под названием Хаббл. Космический телескоп Хаббл был задуман в 1970-х годах, и ему «дали зеленый свет» на Конгрессе США во времена правления президента Джимми Картера, первоначально определив дату запуска: 1983 год. Названный в честь Эдвина Хаббла, обнаружившего расширение Вселенной, этот сложный проект с самого начала столкнулся с массой проблем. К 1986 году телескоп был готов к отправке на орбиту, тремя годами позже, чем планировалось, и новая дата запуска была назначена на октябрь. Но когда в январе 1986 года произошла катастрофа с космическим шаттлом «Челленджер» через семьдесят три секунды после запуска, были приостановлены все космические программы США. Хаббл был заперт в стерильном помещении на целых четыре года, и расходы на его хранение в «конверте» из чистого азота составляли 6 миллионов долларов в месяц.

С возобновлением программы шаттлов новая дата запуска была назначена на 24 апреля 1990 года, и с семилетним опозданием челночная миссия STS-31 запустила Хаббл на его запланированную орбиту в 600 километрах (370 милях) от Земли. Миссия Хаббла обещала ученым фотографии из глубин безоблачного Космоса без искажающих эффектов земной атмосферы. Новый «глаз» оставлял взгляд на небо незамутненным, но в течение нескольких недель стало ясно, что зрение Хаббла было отнюдь не «единица». На полученных фотографиях наблюдался значительный оптический дефект. Понадобилось специальное расследование команды Хаббла, и постепенно выяснилось, что после десятилетий планирования и вложения миллиардов долларов космический телескоп Хаббл был запущен с кривым зеркалом, которое хоть и было составлено из множества деталей, но оказалось катастрофически деформировано. Будучи самым совершенным из когда-либо построенных зеркал, сияющая «сетчатка» Хаббла была деформирована всего лишь на 2,2 тысячных доли миллиметра, и, как следствие, ее видение Вселенной было искажено.

Ценность обещаний Хаббла была такова, что инженеры и техники немедленно организовали дерзкую миссию. Это стало возможным благодаря тому, что Хаббл

СЛЕВА: Космический телескоп Хаббл имел большее влияние на астрономию, чем любой другой телескоп. Этот огромный телескоп, вращаясь вокруг Земли, присылает фотографии таких участков Вселенной, которые без него остались бы невидимыми для нас. Телескоп на орбите Земли работает с 1990 года, и его революционное и полное откровений «путешествие по Вселенной» продолжается и по сей день.

ВНИЗУ: Космический телескоп Хаббл прислал нам невероятные фотографии других галактик, которые мы без него никогда бы не смогли увидеть. Этот снимок спиральной галактики NGC1300 – одна из крупнейших фотографий, сделанных телескопом.

Челночная миссия STS-31 запустила Хаббл с семилетним опозданием... Новый «глаз» оставлял взгляд на небо незамутненным...

был первым и на сегодняшний день единственным телескопом, который обслуживают астронавты в Космосе. Новое зеркало не смогли на нем установить, но, точно рассчитав нанесенный неисправным зеркалом ущерб, инженеры НАСА поняли, что могут решить проблему путем установки на телескоп дополнительных линз. Так своеобразные «очки» для многотонного прибора позволили восстановить телескоп и реализовать цели, которые были заложены в этот дерзкий проект.

В декабре 1993 года астронавты шаттла «Индевор» потратили десять дней на переоборудование телескопа новым корректирующим оборудованием. Ответственным за ремонт был астронавт Стори Масгрейв. На сегодняшний день это была самая сложная задача из всех, когда-либо решенных людьми на околоземной орбите. Масгрейв был участником четырех полетов в Космос на шаттлах. Кроме того, он летчик-испытатель и налетал без малого 16 000 часов на 160 типах самолетов. Этот бывший служащий американского Морфлота и травматический хирург с семью учеными степенями представляет собой весьма необычный пример того, на что способен человек, приложивший к делу все богатство своего разума. Его личность – метафора самой космической программы. Вот что он сказал по поводу «восстановления зрения» Хаббла: «Величие и великолепие Хаббла и как звездочета, и как космического корабля кроется в тех усилиях, которые были приложены к тому, чтобы еще раз дать ему жизнь, чтобы восстановить его изначально задуманную мощь. В этой работе была и страсть, свойственная самой силе космического телескопа Хаббл».

13 января 1994 года НАСА «открыло глаза» исправленного Хаббла и направило его взгляд на Вселенную, а жителям нашей планеты открылся вид на необыкновенную красоту Космоса. С десятилетним опозданием и затратами около 6 миллиардов долларов, он, наконец, приступил к выполнению своих обязанностей, и, как оказалось, стоил каждого потраченного на него цента. ◉

САМАЯ ВАЖНАЯ ФОТОГРАФИЯ ХАББЛА

СЛЕВА: «Область сверхдальнего обзора Хаббла» — одна из самых зрелищных и важных фотографий, сделанных космическим телескопом Хаббл. На снимке видно около 10 000 галактик разных возрастов, размеров, форм и цветов. Ближайшие к нам галактики кажутся больше и ярче, но существуют около сотни галактик, которые на фотографии выглядят как маленькие красные объекты. Речь идет о наиболее примечательных особенностях этого снимка: эти галактики входят в число самых дальних объектов, которые мы когда-либо видели.

В течение почти двух десятилетий космический телескоп Хаббл снимал самые маленькие огни во Вселенной и показал их нам на этих эффектных фотографиях, которые могут послужить «окном» в места, расположенные за миллиарды световых лет от Земли, и показать нам события, происшедшие миллиарды лет назад. Эти места всегда были для нас недосягаемы. Но существует одно сделанное Хабблом фото, которое больше других раскрывает масштаб, глубину и красоту нашей Вселенной. Этот снимок известен как «Область сверхдальнего обзора Хаббла», он был сделан в течение одиннадцати дней с 24 сентября 2003 года по 16 января 2004 года. В этот период Хаббл сосредоточил две свои камеры на крошечном кусочке неба в южном созвездии Печи.

С поверхности Земли этот крошечный кусочек неба выглядит практически черным; в его пределах почти нет видимых звезд, и именно поэтому его выбрали для изучения. Используя свой затвор, работающий со скоростью несколько миллионов снимков в секунду, Хаббл смог запечатлеть невообразимо слабое свечение удаленных объектов в темноте. Тусклые объекты на фотографии были сформированы одним фотоном света, попадающего на датчики камеры Хаббла каждую минуту. Почти каждая из этих световых точек — галактика, а острова состоят из сотен миллиардов звезд из более чем 10 000 видимых галактик.

Тем не менее, есть нечто более примечательное на этом фото, чем просто масштаб, связанное с «неопрятным» характером скорости света, обусловленным расстояниями между галактиками. Тысячи галактик, снятые Хабблом, находятся на разных расстояниях от Земли, что делает это изображение трехмерным в самом прямом смысле этого слова. Но третье измерение у этих снимков не пространственное, а временное. Глядя на шедевр Хаббла, мы смотрим в глубокое прошлое — время за пределами человеческого понимания. Так же, как ледяной керн проносит нас слой за слоем назад, в историю Земли, так и «Область сверхдальнего обзора Хаббла» переносит нас назад — сквозь историю Вселенной.

Глядя на шедевр Хаббла, мы смотрим в глубокое прошлое — время за пределами человеческого понимания... «Область сверхдальнего обзора Хаббла» переносит нас назад — сквозь историю Вселенной.

Фотография содержит изображения галактик различного возраста, размера, формы и цвета; некоторые находятся относительно близко к нам, другие — невероятно далеко. Ближайшие галактики, которые кажутся нам больше, ярче и имеют более четкие спиральные или эллиптические формы, расположены «всего лишь» за миллиард световых лет от Земли. Поскольку они сформировались вскоре после Большого Взрыва, им должно быть около двенадцати миллиардов лет. Тем не менее, маленькие красные галактики неправильной формы — главная достопримечательность этих снимков.

На этом фото около 100 таких галактик, и они относятся к числу самых далеких от нас объектов, какие мы когда-либо видели. Некоторые из этих слабых красных капель распложены за двенадцать миллиардов световых лет от Земли, а это значит, что когда их свет доходит до нас, он проходит путь почти сквозь всю историю Вселенной. Самые отдаленные галактики в «Области сверхдальнего обзора», выявленные в октябре 2010 года, удалены от нас более чем на тринадцать миллиардов световых лет, так что мы видим их такими, какими они были примерно 600 тысяч лет спустя после начала Вселенной.

Трудно понять эти бескрайние просторы пространства и времени. Итак, рассмотрим фотографию этой древней галактики, созданную несколькими фотонами света. Когда они начали свое путешествие, освободившись от горячих звезд, которые их породили, не было ни Земли, ни Солнца, и только эмбриональная и хаотическая масса молодых звезд и космическая пыль, которые в один прекрасный день превратились в Млечный Путь и другие галактики, заполняли просторы Вселенной. Когда эти маленькие частицы света завершили почти две трети своего пути к камерам Хаббла, закрученное облако межзвездной пыли рухнуло под собственной тяжестью, приняв со временем форму нашей Солнечной системы. Они были почти у цели, когда на Земле возникла первая сложная жизнь, и космическое сердцебиение достигло конечного пункта назначения, когда впервые на Земле появился вид, построивший Хаббл.

Глубоко внутри «Области сверхдальнего обзора Хаббла» скрыта древняя и подробная история Вселенной, но как же мы можем так много извлечь из одной фотографии? Ответ кроется в нашей интерпретации цветов тех далеких галактик, имеющих неправильную форму. ◉

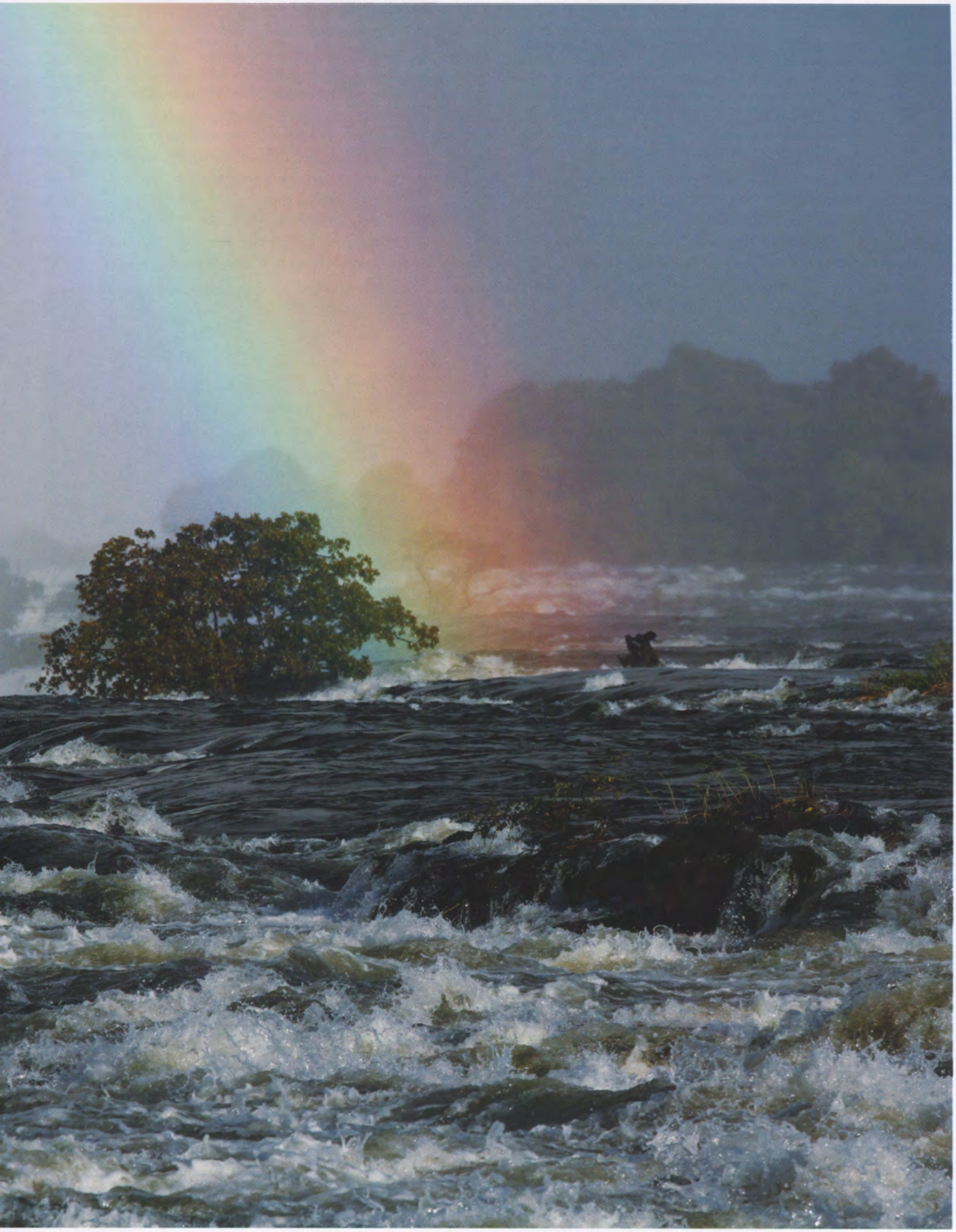
ВСЕ ЦВЕТА РАДУГИ

Захватывающий водопад Виктория — одно из самых известных и самых прекрасных чудес природы на нашей планете. Питаемый могучей рекой Замбези, водопад лежит на границе между Замбией и Зимбабве на юге Африки. Водопад получил свое имя от Дэвида Ливингстона в 1855 году. Он был первым европейцем, который увидел его и описал: «Никто не может представить себе красоту такого вида, не выезжая из Англии. Его никогда никто прежде не видел из европейцев, это места столь прекрасные, что на них, должно быть, смотрели ангелы в полете». Это было сказано о том самом месте, где стоял я. Есть несколько замечательных мест на Земле, где вы можете почувствовать силу и мощь текущей воды, но водопады обладают некой эфирной особенностью, которая столь же очаровательна и гораздо более поучительна для нас, потому что она — ключ к интерпретации фотографии «Области сверхдальнего обзора Хаббла».

В небе над водопадом пролегает великолепная радуга — постоянное явление в небе Замбии, когда солнце светит сквозь туман. Радуга — естественное явление, которое очаровывало людей на протяжении тысяч лет. Достаточно увидеть его и полюбоваться на изумительное, но естественное свойство света, которое так часто бывает в природе. И оно становится еще более прекрасным, когда вы понимаете с научной точки зрения, что за ним стоит.

Ученые пытались понять и объяснить явление радуги со времен Аристотеля. Они хотели узнать, как видимый белый свет превращается в цветной. Наш старый друг Ибн аль-Хайсам был одним из первых, кто попытался в X веке объяснить физическую природу радуги. Он описал ее как «свет от Солнца, который отражается от облака, не дойдя до глаз». Это не так уж далеко от истины. В основу нашего современного понимания природы радуги легли наблюдения Исаака Ньютона, который заметил, что белый свет разделяется на компоненты при прохождении через стеклянную призму. Он верно предположил, что белый свет состоит из света всех цветов, соединенных вместе. Физика по существу так же далека от понимания возникновения радуги, как и призма. К примеру, почему радуга описывает дугу?

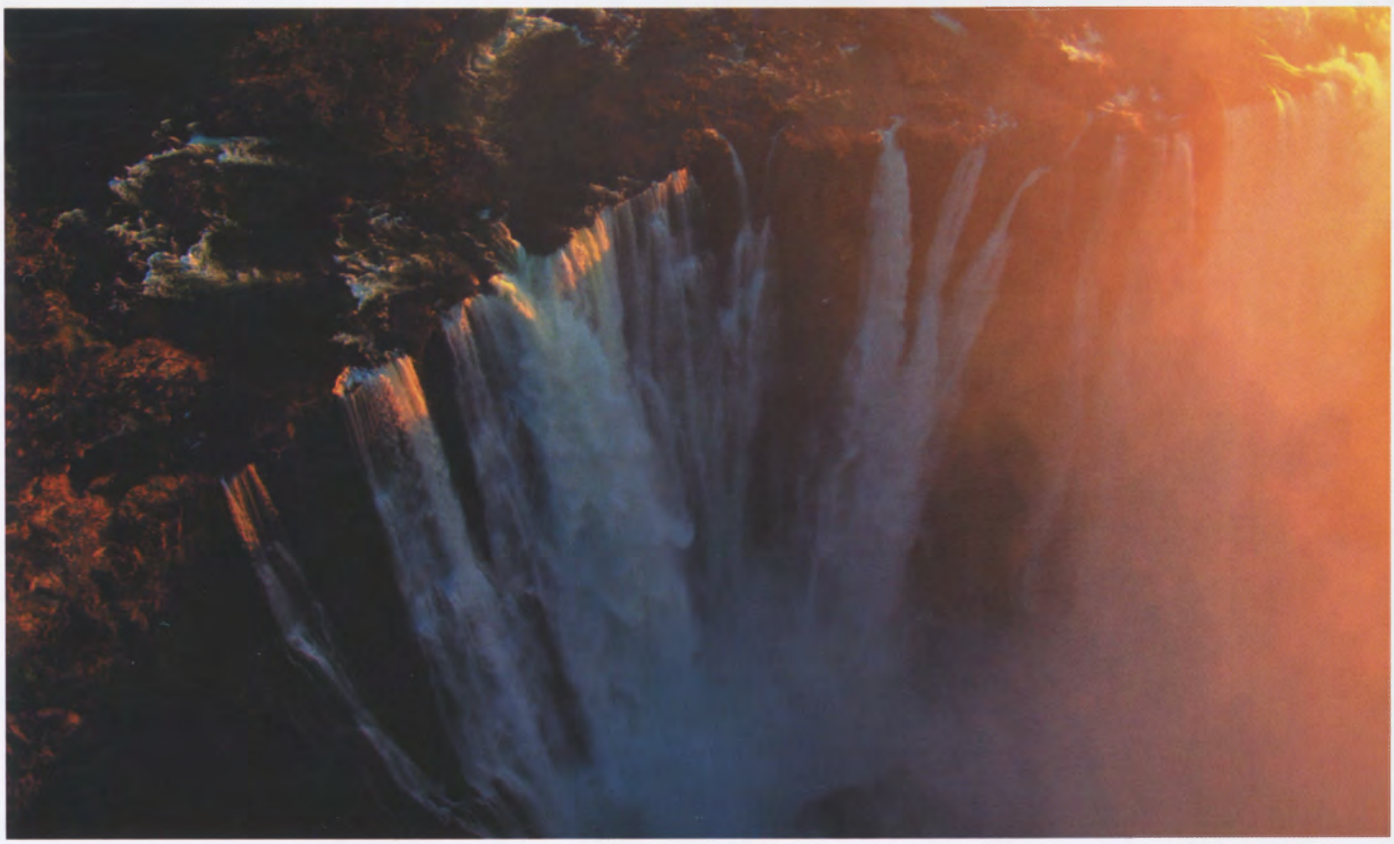
Первые научные объяснения, опередившие Ньютона на несколько десятилетий, дал Рене Декарт в 1637 году. Капли воды в воздухе, по сути, — шарики воды, и Декарт сделал предположение о том, что происходит с одним лучом солнечного света, когда он проходит сквозь одну каплю воды. Как иллюстрирует схема справа, луч солнечного света (S) входит в каплю и при этом слегка изгибается. Это явление называют рефракцией: свет отклоняется, когда пересекает границу между двумя различными веществами (точка A). Когда же луч света попадает на заднюю поверхность капли, он отражается от нее обратно в каплю (точка B) и, в конце концов, снова выходит спереди, где снова изгибается, но теперь уже



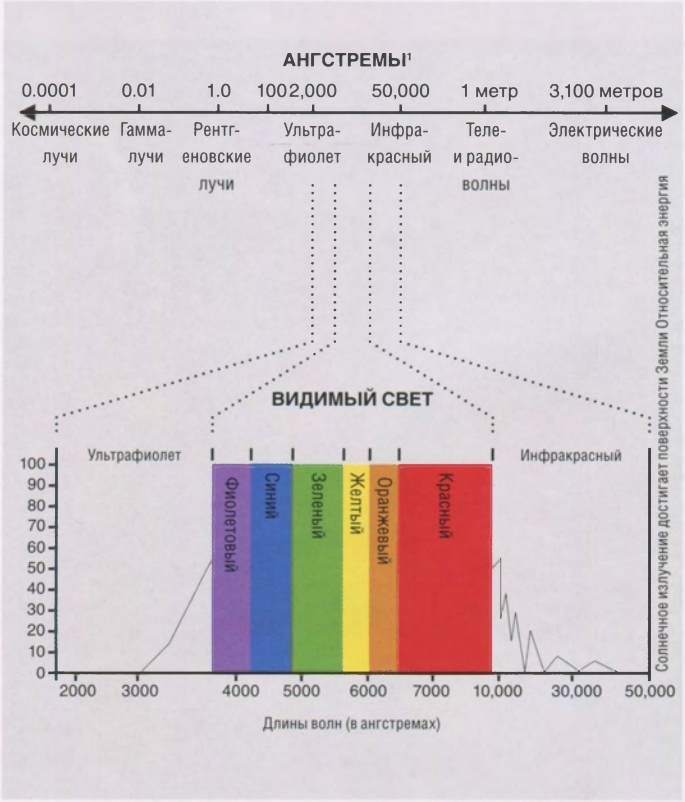
чуть больше (точка C). Затем луч света летит из капли к глазу (E).

Главная точка — в максимальном угле (D), проходя через который луч света попадает в дождевую каплю и возвращается в прежнее состояние. Декарт рассчитал этот угол для красного света и определил, что он составляет сорок два градуса. Для синего света угол составляет сорок градусов. Цвета между синим и красным в спектре имеют максимальные углы отражения между сорока двумя и сорока градусами. Нет такого света, который возвращается в норму с углом большим, чем этот. Оказывается, большая часть света отражается обратно именно под этим, особым максимальным углом. Итак, вот объяснение радуги. Когда вы смотрите вверх на радугу, представьте себе нарисованную линию от Солнца, которое должно быть за вами, через вашу голову к земле перед вами. Под углом в сорок два градуса к этой линии вы увидите так называемую радугу или луч красного света Декарта. Под углом в сорок градусов к этой линии вы увидите луч синего света Декарта. Между ними вы увидите все цвета радуги. Существует свет, отражающийся обратно к глазу через меньший угол, именно поэтому небо ярче под дугой, чем над ней. Вы не видите цвета под дугой, потому что все лучи сливаются в белый свет. На фотографии на предыдущей странице вы можете увидеть небо, сияющее внутри радуги над водопадом Виктория, и довольно темное небо за ее пределами.

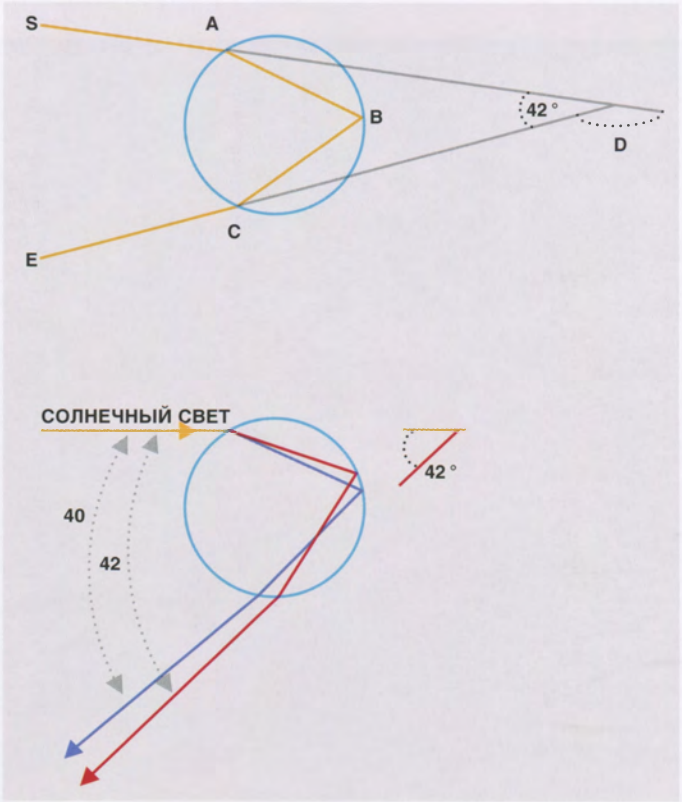
Так капли дождя цельный белый солнечный свет разбивают в радугу, поскольку каждый из составляющих ее цветов отражается к глазу под несколько иным максимальным углом. Но почему же она имеет форму дуги? Потому что на самом деле радуга — круглая. Подумайте снова о воображаемой линии между Солнцем, головой и землей. Существует не только одно место, на котором угол между этой линией и небом составляет сорок два градуса, существует целый круг точек, окружающих эту линию. Причина, по которой вы не можете видеть полный круг, заключается в том, что ее рассекает горизонт, и вы видите только дугу. По этой же причине радуга часто видна ранним утром или ранним вечером. Поскольку Солнце поднимается в небо, линия между Солнцем и вашей головой круче, и радуга, которая сосредоточена на этой линии, опускается все ближе и ближе к горизонту, пока в какой-то момент не исчезнет за горизонтом.



ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СПЕКТР
Электромагнитный спектр состоит из диапазона длин волн, от радиоволн на самом длинном конце до гамма-лучей – на самом коротком. Наши глаза очень чувствительны к ограниченному диапазону, в центре которого известный нам спектр видимого света.



ЧТО ДЕЛАЕТ РАДУГУ ДУГОЙ?
Теория Декарта была основана на том, что происходит с одним солнечным лучом света, когда он входит в каплю воды. Декарт обнаружил, что каждый цвет появляется благодаря преломлению или изгибанию луча света под несколько разными углами по отношению друг к другу.



На самом деле, радуга — круглая. Причина, по которой вы не можете видеть полный круг, заключается в том, что горизонт отрезает его так, что вы видите только дугу. По этой же причине радуга часто видна ранним утром или ранним вечером.

СЛЕВА И НА ПРЕДЫДУЩЕЙ СТРАНИЦЕ: На всем пути развития науки, от Аристотеля до Декарта и Ньютона, ученые пытались понять природу радуги и то, каким образом белый свет преобразуется в цвет, проходя через различные среды. Водопад Виктория, пожалуй, одно из наиболее впечатляющих мест на Земле, где можно увидеть радугу; здесь это удивительное природное явление парит в небе над каскадами воды всякий раз, когда Солнце светит сквозь туман.

Эти цвета, скрытые в белом свете, проявляются не только в радуге. Там, где солнечный свет падает на объекты разного цвета, свет отражается или поглощается. Мы видим небо голубым, потому что синий компонент солнечного света скорее рассеиваться молекулами воздуха, чем другие цвета. Поскольку Солнце опускается к горизонту, солнечный свет должен пройти через толщу атмосферы, и рассеивание лучей желтого и красного света увеличивается, отчего вечернее небо кажется нам красным. Листья и траву мы видим зелеными, потому что они поглощают синий и красный свет Солнца, которые они используют в фотосинтезе, и отражают зеленый свет.

Но в чем же состоит разница между цветами, что заставляет их вести себя так по-разному? Ответ восходит к нашему пониманию света как электромагнитной волны. Волны имеют длину — расстояние между двумя пиками или впадинами волны. Синий свет имеет более короткую длину волны, чем зеленый, который, в свою очередь, имеет более короткую длину волны, чем красный. Наш глаз развивался на протяжении тысячелетий, чтобы разглядеть около десяти миллионов различных цветов, иными словами, он может различать десять миллионов тонких изменений в длине электромагнитных волн. Эта простая идея — все, что вам нужно, чтобы «прочитать» историю, рассказанную фотографией «Области сверхдальнего обзора Хаббла». ◉

[1] Ангстрем — единица измерения. 1 ангстрем равен 1.0 × 10-10 метра (*прим. пер.*).

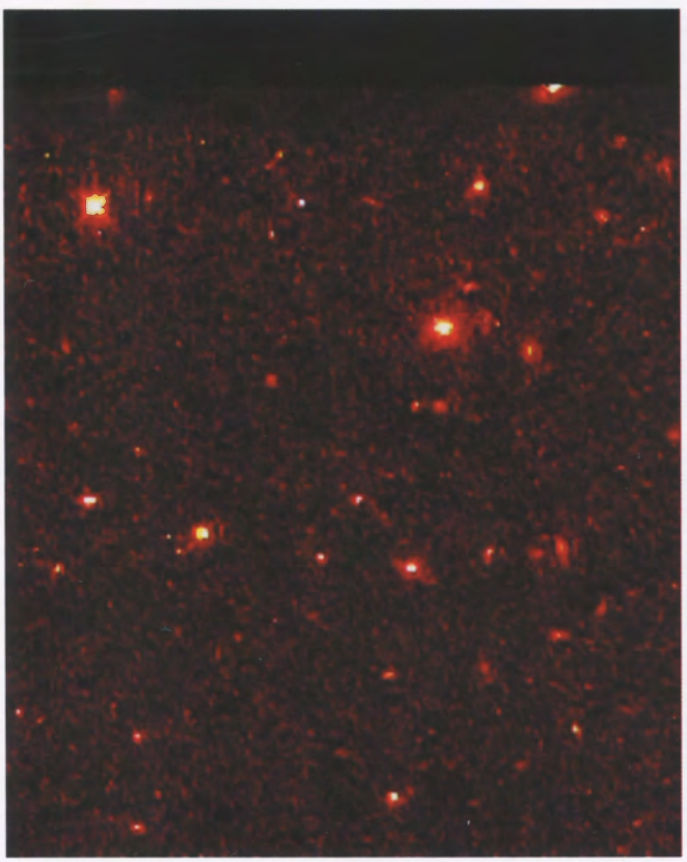
РАСШИРЕНИЕ ХАББЛА

ВНИЗУ СЛЕВА: На снимке видны некоторые из самых далеких галактик, которые мы можем наблюдать, — и все они видны в ярком, остром красном цвете.

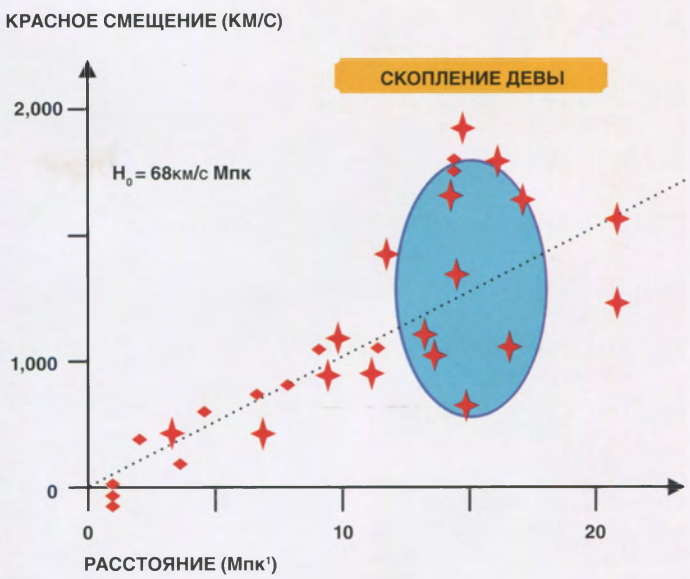
Итак, откуда мы знаем, что беспорядочные галактики на снимке Хаббла находятся от нас за миллиарды световых лет? На фотографии ниже видны некоторые из самых отдаленных галактик, которые мы наблюдали. Совершенно очевидно, что все они красного цвета. Почему так? Ответить на этот вопрос правильно нам снова поможет наш друг — астроном Эдвин Хаббл.

В 1920-е годы Эдвин Хаббл использовал самый мощный из существовавших тогда телескоп в обсерватории Маунт-Вилсон в Пасадене (штат Калифорния) для наблюдения звезд, называемых цефеиды. Эти цефеиды — переменные звезды, яркость которых меняется регулярно в течение нескольких дней или месяцев, и они удивительно полезны для астрономов, поскольку период их яркости и затемнения напрямую связан с их собственной яркостью. Другими словами, это простое дело: наблюдать за тем, как именно яркая переменная звезда цефеида на самом деле становится ярче и тусклее в течение нескольких месяцев. Если вы знаете, насколько ярок тот или иной объект в действительности, то по тому, насколько ярким он выглядит, вы сможете определить, как далеко он находится от вас. Исследовательский проект Эдвина Хаббла был организован для поиска цефеид в небе и измерения их расстояния от Земли. Во время своих наблюдений он обнаружил две замечательные вещи. Во-первых, он быстро установил, что цефеиды, которые он нашел в так называемых спиральных туманностях, считавшихся в то время облаками светящегося газа на Млечном Пути, на самом деле расположены далеко за пределами нашей галактики. Впервые Хаббл доказал, что во Вселенной есть другие галактики, которые находятся за миллионы световых лет от Земли.

Второе наблюдение Хаббла имело еще большее научное значение. Хотя он вместе с другими учеными был занят изучением спектра света, исходящего от звезд в спиральных туманностях, которые, благодаря Хабблу, сегодня понимаются как другие галактики за пределами Млечного Пути, он быстро заметил, что многие галактики, как оказалось, излучают более красный свет, чем должны были бы. Хаббл посчитал количество «покраснений» в каждой галактике и назвал полученное число красным смещением. Помните, что красный свет имеет длину волны больше, чем синий свет, так что видимый свет красного смещения означает лишь то, что длина волны больше, чем ожидалось. Хаббл сделал свое второе великое открытие, построив график красного смещения света от далеких



ЗАКОН ХАББЛА: Эта диаграмма иллюстрирует закон Хаббла: красное смещение света от далеких галактик построено в зависимости от их фактического расстояния до наблюдателя, что приводит к появлению прямой линии на графике.



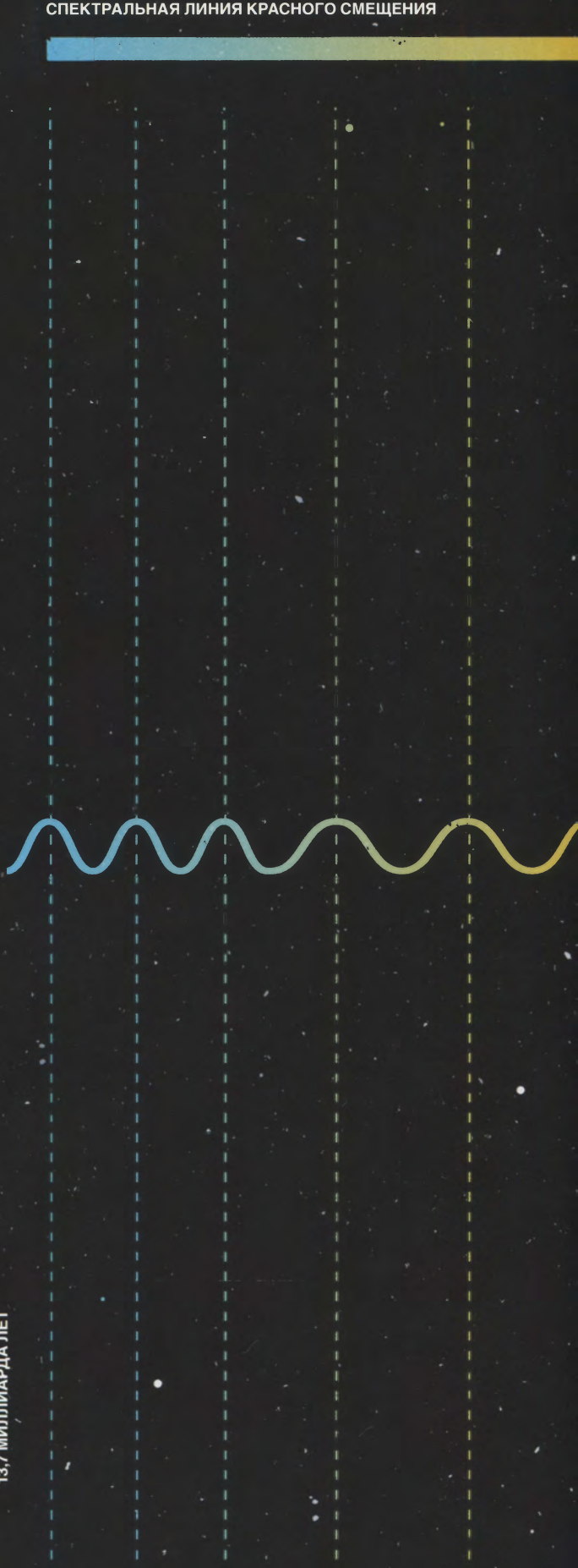
[1] Мпк — мегапарсек, распространенная в астрономии внесистемная единица измерения расстояния. 1 мегапарсек составляет 3,3 миллиона световых лет (*прим. пер.*).

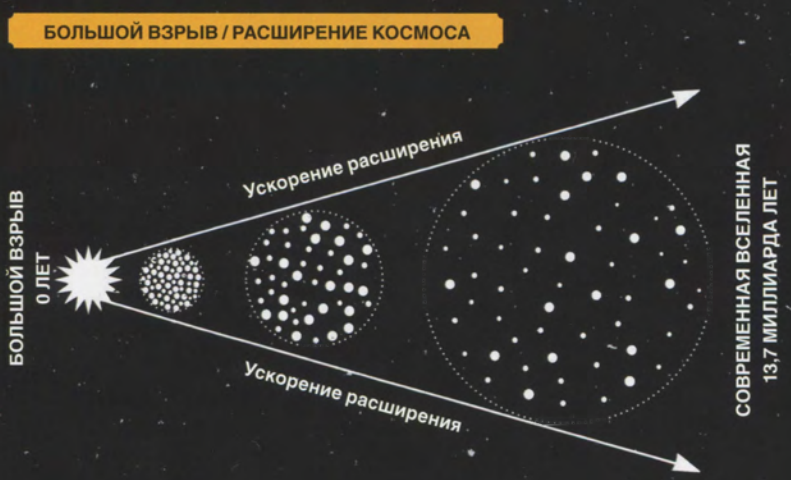
ВНИЗУ: Квинтет Стефана представляет собой кластер из пяти галактик в созвездии Пегаса, две из которых — в центре, — как представляется, связаны между собой. Изучение по отдельности их красных смещений показывает, что одна из галактик здесь — нарушитель: большая синяя туманность в левом верхнем углу на самом деле представляет собой первый план галактики, расположенной в семь раз ближе к нам, чем другие. Так красные смещения позволяют создавать трехмерную модель Вселенной.

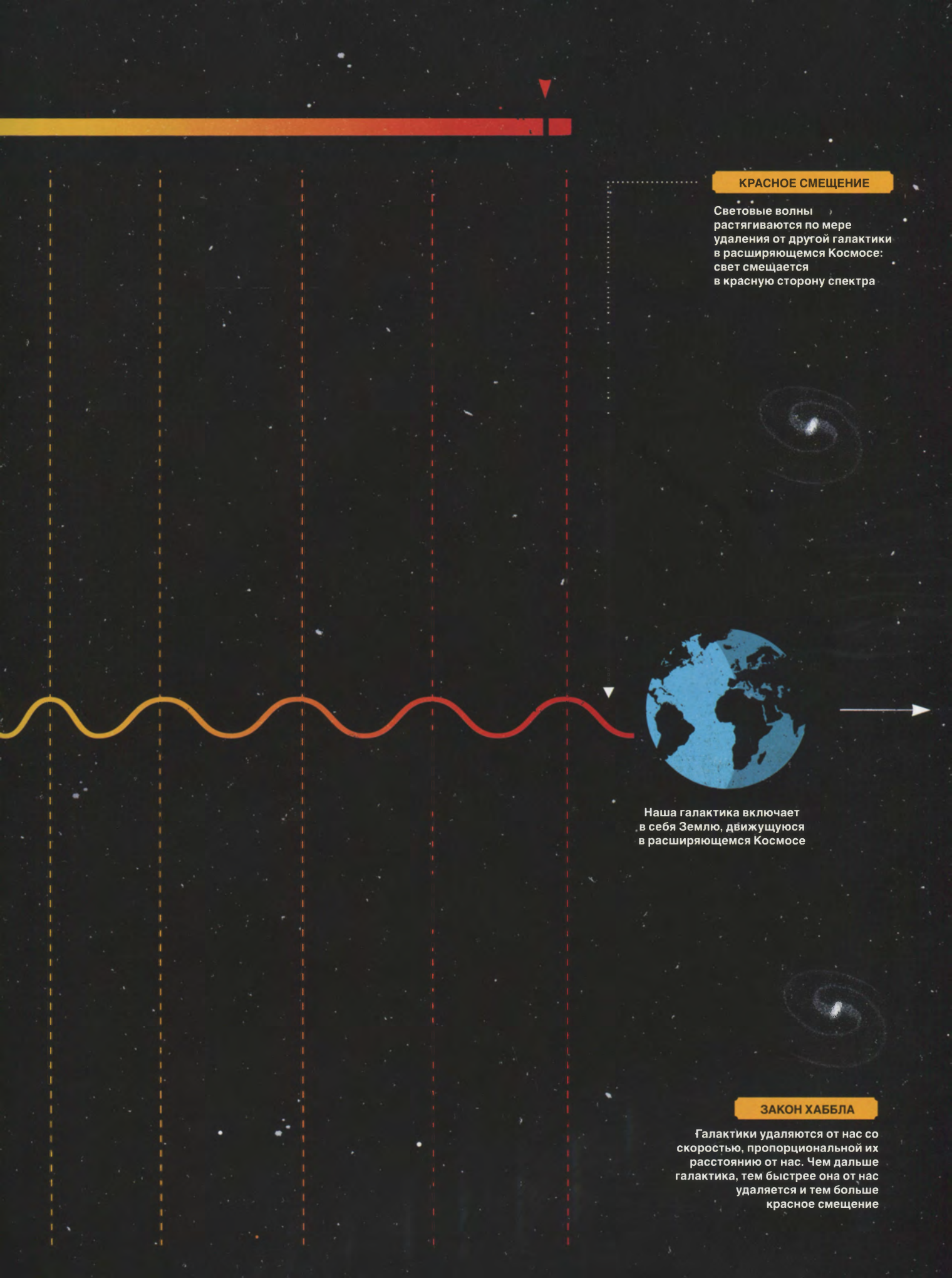
КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ

Хотя красные смещения впервые были обнаружены в начале XX века, они в действительности были введены в космологический контекст благодаря работе Эдвина Хаббла. Он обнаружил, что существует очень простая связь между расстоянием и красным смещением галактики: чем дальше галактика, тем больше ее красное смещение. Это происходит потому, что свет, который должен передвигаться издалека, «путешествует» дольше, и за время «путешествия» его волна растягивается, потому что Вселенная расширяется.

Другая галактика движется в расширяющемся Космосе







КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ

Световые волны растягиваются по мере удаления от другой галактики в расширяющемся Космосе: свет смещается в красную сторону спектра

Наша галактика включает в себя Землю, движущуюся в расширяющемся Космосе

ЗАКОН ХАББЛА

Галактики удаляются от нас со скоростью, пропорциональной их расстоянию от нас. Чем дальше галактика, тем быстрее она от нас удаляется и тем больше красное смещение

галактик в зависимости от их расстояния до Земли, которое он рассчитал при наблюдении цефеид.

К своему великому удивлению, Хаббл заметил, что его график получился практически прямой линией. Так получилось потому, что чем дальше галактика, тем больше ее красное смещение, то есть тем больше ее свет растягивается. За сотни миллионов лет, в течение которых свет летел к нам, сам Космос растягивался с относительно постоянной скоростью, и он растянул длину волны света прямо пропорционально расстоянию, которое ему пришлось преодолеть. Открытие Хабблом этого так называемого «космологического красного смещения» свидетельствует о том, что мы живем в расширяющейся Вселенной.

Отношение красного смещения к расстоянию до галактики, которая на графике Хаббла представлена градиентом линии, и называется постоянной Хаббла. Ее значение на сегодняшний день составляет 68 километров (42 мили) в секунду на мегапарсек. Мегапарсек — это мера расстояния, часто используемая астрономами; 1 мегапарсек составляет 3,3 миллиона световых лет. Что ж, вот еще один повод подумать о законе Хаббла: галактика, расположенная в 3,3 миллиона световых лет от Земли, будет удаляться от нас со скоростью около 70 километров (45 миль) в секунду. Это очень медленно! Галактика, расположенная 6,6 миллионах световых лет от Земли, будет удаляться со скоростью примерно 140 километров (90 миль) в секунду. И далее, если вы просто инвертируете постоянную Хаббла, то вы получите число с единицами времени. Постоянной Хаббла 70 километров (45 миль) в секунду на мегапарсек соответствуют 14,3 миллиарда лет, что можно интерпретировать как возраст Вселенной! Если вы имеете склонность к математике, вы легко сможете вывести это число путем преобразования мегапарсеков в километры. В качестве отступления: внимательный читатель мог

ВНИЗУ: Открытие Хабблом космологического красного смещения привело к другому важному открытию: мы живем в расширяющейся Вселенной.

заметить, что наши нынешние наиточнейшие измерения возраста Вселенной несколько ниже, чем это, и составляют примерно 13,75 миллиарда лет. Это потому, что точные измерения на протяжении последних нескольких десятилетий показали нам, что Вселенная расширяется не в строгом соответствии с простым законом Хаббла. Самые точные данные, которые есть у нас сегодня, говорят нам о том, что Вселенная ускоряет свое расширение в связи с наличием в ней так называемой темной энергии.

Это может показаться сложным, но вывод прост и глубок. Покраснение далеких галактик говорит нам о том, что Вселенная расширяется. Это означает, что галактики, которые мы видим сегодня в небе, должно быть, были в прошлом ближе друг к другу. Если вы в своем воображении повернете время вспять и посмотрите на галактики, которые располагались все ближе и ближе друг к другу, то в инверсии постоянной Хаббла вы обнаружите, что они должны были бы оказаться друг над другом. Другими словами, Вселенная, которую мы видим сегодня, должна быть невероятно мала. Все, что мы видим, происходило примерно четырнадцать миллиардов лет назад, и причиной тому стало событие, которое мы называем Большим Взрывом. Так замечательные наблюдения Хаббла служат прямым доказательством того, что Вселенная началась с Большого Взрыва около четырнадцати миллиардов лет назад. Все это он понял в 1920-е годы, анализируя природу света от переменных звезд цефеид и удаленных галактик.

Большой Взрыв трудно представить. Можно думать о нем, как об огромном взрыве, который выбросил материю в предшествующую существованию пустоту — гигантский пустой ящик, если хотите, — но это совершенно неправильно. Признанная в настоящее время картина такова, что сам Космос появился в момент Большого Взрыва. Фактически, в духе Эйнштейна, мы должны были бы сказать, что в Большом Взрыве возникло все существующее пространство-время. Это означает, что Большой Взрыв не просто случился там где-нибудь во Вселенной, он произошел сразу везде. Большой Взрыв произошел и в небольшом пространстве между вами и этой книгой, он случился и в вашей голове, и через дорогу, и в каждой точке Солнечной системы, и в самой дальней галактике ***одновременно***. Другими словами, это произошло ***единомоментно в любой точке Вселенной***. Весь Космос был там, в Большом Взрыве, и он до сих пор продолжает растягиваться. Это довольно странно, и в это трудно поверить, потому что, если Вселенная бесконечна сегодня, она бесконечно рождалась. Все, что было тогда, есть и сейчас, просто в сильно растянутом виде. Никто не говорит, то космология — простая и понятная наука. Поэтому, когда мы смотрим на далекие галактики и видим, как они все удаляются от нас, это не потому, что в начале времен они были отброшены каким-то мощным взрывом. Это происходит потому, что сам Космос растягивается, а это растяжение и началось с Большого Взрыва.

Расширение Хаббла — одно из доказательств Большого Взрыва, но есть и другое, пожалуй, более замечательное: «отпечатки пальцев» насильственного начала Вселенной, полученные нами с древнейшим светом, который дрейфует в Космосе. ◉

РОЖДЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

Каждую секунду свет от начала времен падает непрерывным потоком на поверхность Земли. Невооруженным глазом видна только часть света Вселенной, хотя, если бы мы могли увидеть весь свет, небо пылало бы этим исконным светом и днем, и ночью. Не нужно думать, что часть этого скрытого света представляет собой совсем невыразительное свечение. Длинноволновое универсальное свечение - космический микроволновой фон (КМФ) или реликтовое излучение - показывает изменения длины волны во времени. КМФ несет в себе образ нашей Вселенной, какой она была сразу после своего рождения, и это открытие дало нам доказательства того, что начало Вселенной действительно было положено Большим Взрывом.

СПРАВА: Весь Космос возник именно в момент Большого Взрыва. Звезды и галактики «разбегаются» далеко по всей бесконечной Вселенной, и многие из них можно увидеть и сегодня. Космос растягивается до сих пор; старые галактики обитают рядом с многочисленными новыми звездообразованиями, такими как NGC 281K.

ВИДИМЫЙ СВЕТ

Вдоль западного побережья Южной Африки растянулась пустыня Намиб. Это старейшая в мире пустыня; ее ландшафт — непостоянное море песка протяженностью более чем 77 700 квадратных километров (30 000 квадратных миль), меняющееся каждую минуту. Это самая засушливая пустыня на планете, которая не видела влаги на протяжении более чем пятидесяти миллионов лет. Это мир, вылепленный Солнцем. Его энергия движет ветром, который собирает крошечные песчинки в великолепные дюны, и цвета, скрытые в его свете, раскрашивают пейзаж в темно-оранжевый цвет. Но даже тогда, когда солнце садится, пустыня продолжает сиять светом и цветом, однако человеческий глаз не может этого видеть.

Видимый свет представляет собой крошечную долю света Вселенной. За пределами красного электромагнитный спектр простирается далеко на волнах, слишком длинных для того, чтобы наш глаз мог их видеть. В пустыне Намиб вы можете почувствовать этот свет, если поднесете ладони к песку. Дюны хранят тепло еще долгое время после захода солнца, и это остаточное тепло — не более чем длинноволновой свет. Ученый назвал бы его инфракрасным светом: длина волны инфракрасного света больше, чем длина волны видимого света. Путешествуя далее по всему спектру, минуя инфракрасный свет, мы прибываем к микроволнам: спектр плавно переходит в область радиоволн, длина которых размером с горы.

При настройке радио вы настраиваетесь не на звуковые волны — вы собираете информацию, закодированную в волнах света. Во Вселенной существует много видимого, не искусственного света, и существуют естественные микроволны и радиоволны. Это посланники, несущие по всей Вселенной подробную информацию о далеких местах и временах и отправляющие ее в наш технологически созданный искусственный глаз.

В следующий раз, настраивая радио, когда вы услышите статический шум — глубокий звук, знайте — это вы слушаете Большой Взрыв Вселенной.

В следующий раз, настраивая радио, вы услышите статический шум между станциями. Около 1 процента от него — музыка для ушей физика, потому что с этим звуком мы воспринимаем то, как растягивается свет, путешествовавший по Вселенной с начала времен. Глубоко в статике возникает эхо Большого Взрыва. Эти радиоволны были когда-то видимым светом, но этот свет возник спустя 400 тысяч лет после Большого Взрыва. До него наблюдаемая Вселенная была гораздо меньше и горячее, чем сегодня. Ее температура составляла 273 миллиона градусов по Цельсию, а это на порядок жарче, чем в центре звезды, так жарко, что ядра водорода и гелия не смогли

СЛЕВА: Стоя посреди дюн пустыни Намиб, вы осознаете величественный масштаб ландшафта. Этот пейзаж вылеплен Солнцем, и оно окрашивает его постоянно своим светом.

ВНИЗУ: Забудьте о современном оборудовании: все, что вам нужно использовать для обнаружения скрытых форм света, — простое радио. Когда вы его настраиваете, оно собирает для вас информацию, закодированную в волнах света.

НИЖЕ: Во Вселенной видна только часть света. Этот инфракрасный снимок показывает огромный размах Вселенной и демонстрирует, как электромагнитный спектр простирается на длинных волнах — слишком длинных, чтобы наш глаз мог их видеть. Здесь мы можем увидеть сотни тысяч звезд в центре галактики Млечный Путь, но многие из них и до сих пор скрыты от нашего взгляда.

бы удержать свои электроны в атомах. Вселенная была перегретым шаром голых атомных ядер и электронов, то есть представляла собой плазму. Свет не может передвигаться далеко в плотной плазме, поскольку он отражается от электрически заряженных субатомных частиц. Только тогда, когда Вселенная расширилась и охладилась достаточно для того, чтобы электроны смогли комбинироваться с ядрами водорода и гелия в атомы, — только тогда свет смог свободно перемещаться. Этот эпизод эволюции Вселенной ученые называют рекомбинацией. Вселенная составляла около одной тысячной своего нынешнего размера и остыла до 3000 градусов по Цельсию. Это близко к температуре поверхности красных гигантов, так что вся Вселенная светилась видимым светом, как огромные звезды. С тех пор как этот древний свет стал свободно распространяться в Космосе, Вселенная стала холоднее и просторней, и некоторых из этих «блуждающих посланников» — растянутые волны света — мы «собираем» сегодня при помощи расстроенного радио. Однако по мере расширения Вселенной растягивается и Космос. То же происходит и со светом — настолько, что свет выходит за пределы видимой части спектра. Он вышел за пределы и инфракрасной части спектра, и теперь «видим» для нас только в микроволновой и радиоволновой частях спектра. Эти слабые, длинные волны универсального свечения — космический микроволновый фон или реликтовое излучение — были открыты в 1964 году Арно Пензиасом и Робертом Уилсоном и стали ключевым доказательством того, что Вселенная началась Большим Взрывом. ◉

ФОТОГРАФИРУЕМ ПРОШЛОЕ

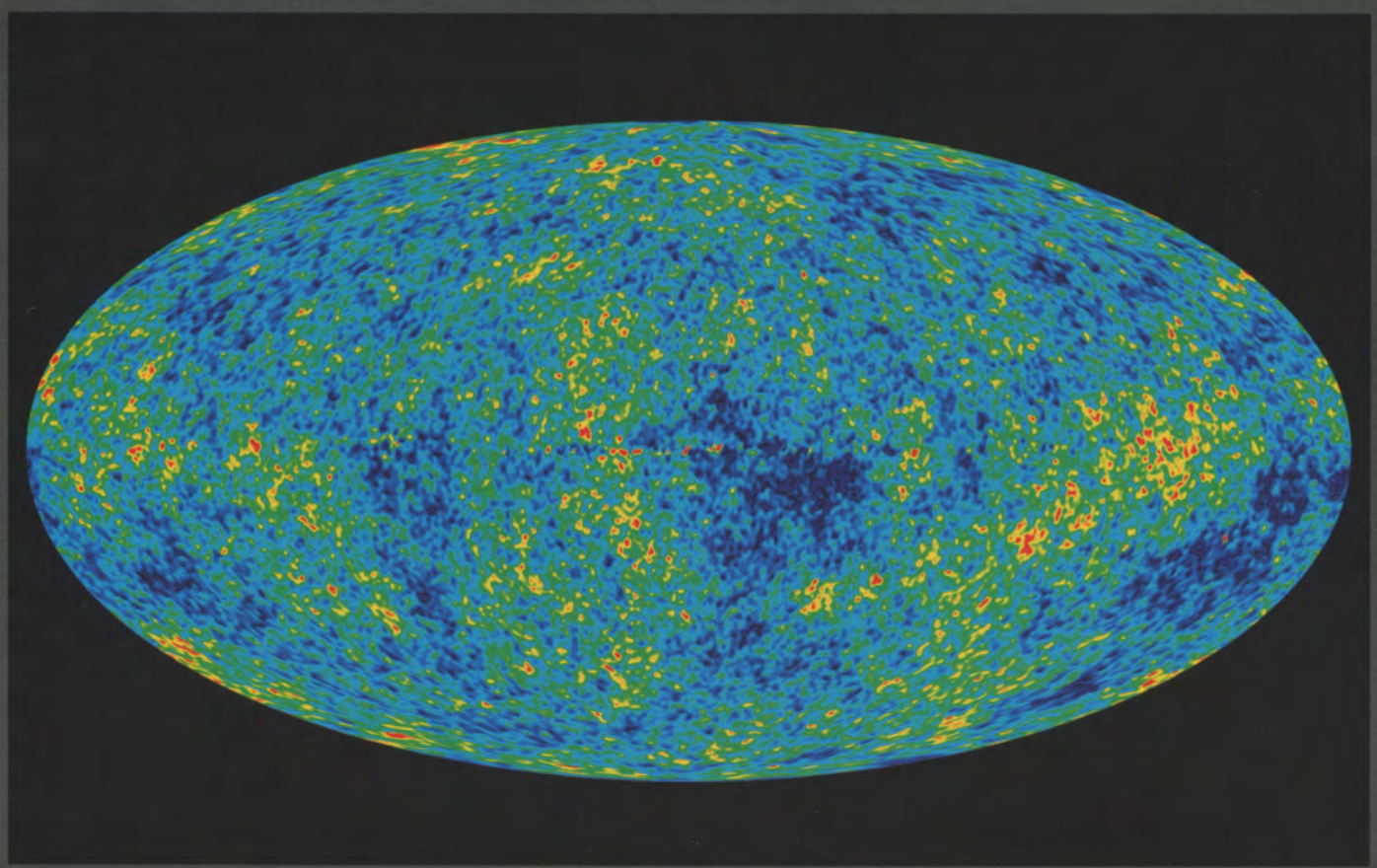
30 июня 2001 года из Космического центра Кеннеди во Флориде был запущен микроволновой анизотропный зонд Уилкинсона (WMAP). Этот узкоспециализированный телескоп был построен с единственной целью: сфотографировать слабое свечение реликтового излучения и создать фотографию ранней Вселенной.

Необработанная фотография WMAP показывает свечение нашей Галактики, создающее горячую светлую полосу на небе, но как только эта деталь и другие наблюдаемые побочные эффекты будут удалены, у нас останется эта упрощенная, но не менее важная и информативная фотография. Это документальное свидетельство чрезвычайно подробной структуры нашей Вселенной в момент рекомбинации.

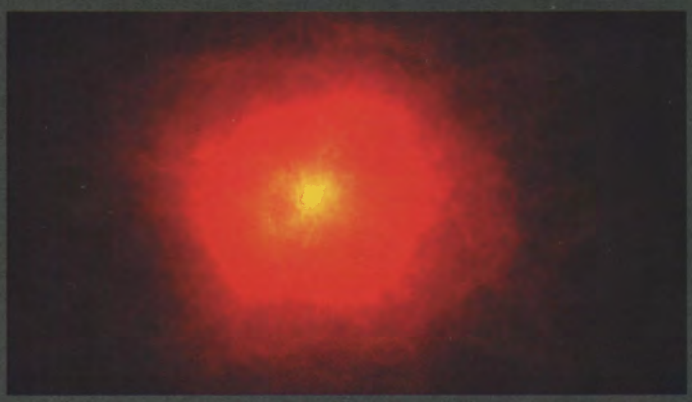
Данные WMAP представляют собой температурную карту неба. Длина волны света, обнаруженной в любой конкретный момент существования Вселенной, соответствует определенной температуре: красные районы жарче, чем синие, но всего лишь примерно на 0,0002 градуса. Средняя температура реликтового излучения составляет 2,725 градуса выше абсолютного нуля. На температурной шкале Кельвина это 2,725 К или 270,425 градуса по Цельсию.

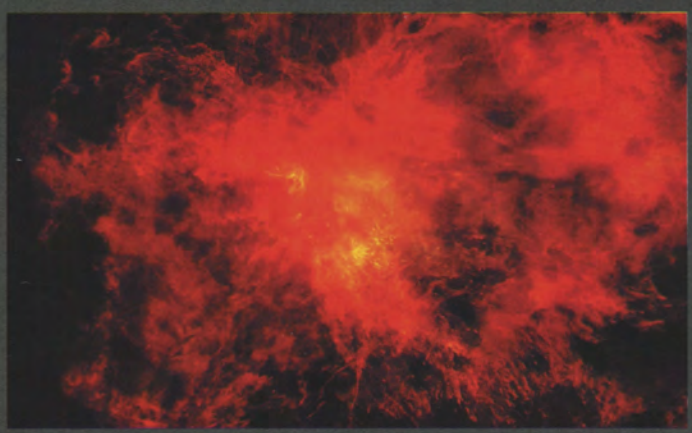
Несмотря на то, что эти температурные различия невероятно малы, они имеют огромное значение, потому что говорят нам о том, что в первые моменты жизни нашей Вселенной существовали области Космоса, которые были чуть плотнее, чем другие. Эти практически незаметные различия могут показаться незначительными, но без них нас бы не было. Именно эти небольшие всплески реликтового излучения представляют собой семена галактик. Красные пятна в реликтовом излучении соответствуют частям Вселенной, которые в момент рекомбинации были плотнее в среднем примерно на полпроцента, чем в прилегающих к ним районах. Из-за более высокой плотности повышенная гравитация замедляет их расширение, в результате чего плотность продолжает расти по отношению к окружающему их пространству. К тому времени Вселенная была, наверно, в пять раз меньше ее нынешнего размера. Прошло чуть более миллиарда лет после Большого Взрыва, и эти регионы стали в два раза плотнее, чем их окружение. К этому вре-

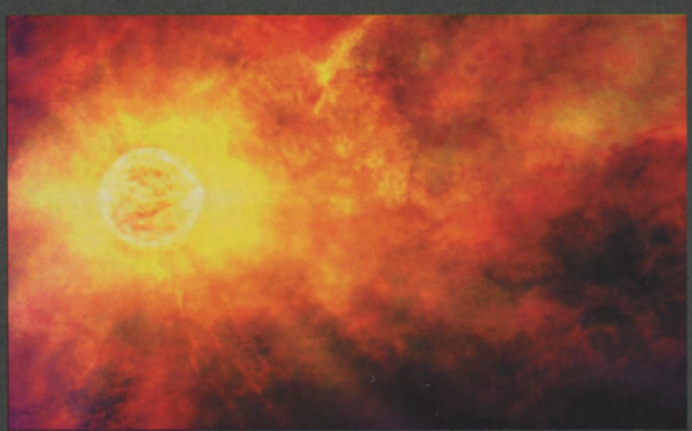
ВНИЗУ: Эта детальная картина Вселенной в зачаточном состоянии была сложена из данных, собранных в течение нескольких лет микроволновым анизотропным зондом Уилкинсона (WMAP). Разные цвета показывают температурные колебания, происходившие в течение 13,7 миллиарда лет. Это своеобразные семена, из которых за это время выросли галактики.



ВНИЗУ: Поскольку Вселенная расширяется, плотные районы в ее пределах расширяются медленнее других из-за их повышенной гравитации. К тому времени эти области были в два раза плотнее, чем их окружение, материя в них была достаточно прохладной и плотной, чтобы разрушиться под собственной тяжестью и сформировать первые звезды и ядра новых галактик.







мени вещества здесь были достаточно плотными и достаточно прохладными, чтобы начать сжиматься под действием собственной гравитации, что и привело к первому звездообразованию и появлению ядер галактик, включая и наш Млечный Путь.

9 миллиардов лет спустя после того, как все это началось, в ничем не примечательном участке Космоса между Шпорой Ориона и Рукавом Персея в галактике Млечный Путь родилась звезда, которую мы теперь называем Солнцем.

Самая популярная нынче модель очень-очень ранней Вселенной называется инфляция. Идея состоит в том, что приблизительно за 10^{-36} доли секунды после Большого Взрыва Вселенная прошла через поразительно быстрый этап расширения и увеличилась в объеме примерно в 10^{78} раз! В менее научном обозначении это будет выглядеть как миллион миллионов миллионов миллионов миллионов миллионные доли секунды после Большого Взрыва, а также увеличение объема в миллион миллиардов миллиардов миллиардов миллиардов миллиардов миллиардов миллиардов миллиардов раз. Все было кончено за 10^{-36} доли секунды или около того. До инфляции та часть Вселенной, которую мы сейчас наблюдаем, – все сотни миллиардов галактик в нашем ночном небе – была гораздо, гораздо меньше одной субатомной частицы. В эти мгновения, когда происходят изменения пространственного масштаба Вселенной, безраздельно властвуют квантовая механика и крошечные квантовые флуктуации, которые до инфляции усугубляли быстрое расширение, формирующее плотные регионы, которые мы наблюдаем в спектре космического микроволнового фона. Если инфляционная теория верна, то реликтовое излучение, таким образом, – окно во времени в начало жизни Вселенной. Мы видим отпечаток события, которое произошло в поистине шокирующие первые миллион миллионов миллионов миллионов миллионов миллионные доли секунды после того, как все началось. Я считаю, что это самая удивительная мысль во всей нашей науке с точки зрения 13,7 миллиарда лет. Маленькие существа, такие как вы и я, суетящиеся на поверхности булыжника, расположенного на краю одной из галактик, оказались способны понять эволюцию Вселенной и разумно предположить самое начало самого времени, просто декодируя сообщения, получаемые нами в пучках света, несущихся сквозь Космос.

В этой истории есть еще один финальный поворот: есть свидетельства одного из древних памятников на нашей родной планете, что свет, возможно, сыграл гораздо более активную роль в нашей истории, чем быть просто ее Музой.

ПЕРВЫЙ ВЗГЛЯД

В высоких Скалистых горах Британской Колумбии в Канаде скрыта одна из самых важных и памятных научных площадок на Земле: именно здесь начинается изучение истории света и нашей жизни. Около 550 миллионов лет назад, когда вся эта территория лежала глубоко под поверхностью первичного океана, она была поражена огромным селем. Грязь похоронила все, что встретилось на ее пути, и сделала моментальный снимок замечательного времени в эволюции жизни на Земле. Вся древняя экосистема была заморожена и сохранена в неприкосновенности в грязи; жизнь примитивных существ была задокументирована случайным геологическим событием с той заботой и точностью, с которой египтяне создавали свои славные гробницы через полмиллиарда лет. Эта древняя сокровищница была заперта на протяжении сотен миллионов лет, но в 1909 году она была обнаружена высоко на склоне горы. Это — Сланец Бёрджесса.

Сланец Бёрджесса — это одна из наиболее важных ископаемых площадок в мире. Речь идет не только о количестве и разнообразии животных, обитавших здесь, но и об их огромном возрасте. Нигде больше на поверхности Земли нет окаменелостей сложных форм жизни старше 540 миллионов лет. Мы знаем, что там и раньше была жизнь, но жившие тогда создания были очень

Одна из современных теорий происхождения жизни — теория Эволюционного Большого Взрыва — заключается в том, что появление глаз у таких животных, как трилобиты, спровоцировало Кембрийский взрыв. Как только начинают развиваться глаза у одного хищного вида, в действие вступает мощный механизм выбора в пользу совершенствования глаз у других развивающихся видов.

СЛЕВА И НАВЕРХУ: Сланец Бёрджесса — одна из наиболее важных и захватывающих ископаемых площадок в мире, где можно найти ошеломляющее количество разнообразных животных старше 500 миллионов лет.

НАВЕРХУ: В Сланце Бёрджесса было найдено множество видов трилобитов. Эти окаменелости очень подробно и хорошо сохранились, что позволило ученым сделать важные наблюдения структуры и возможного поведения этих вымерших организмов.

простыми существами, лишенными даже скелетов. Потому-то они и не проявляются на окаменелостях. Кажется, что широкий спектр сложной многоклеточной жизни появился на планете в геологическое мгновение ока, в период времени, увековеченный в Сланце Бёрджесса. Ученые называют его Кембрийской эрой, а биологи — Эволюционным Большим Взрывом или Кембрийским взрывом.

Так что же вызвало эволюцию сложной жизни? Существует ключ в этих слоях ископаемых, лежащих высоко в канадских Скалистых горах. На фото слева изображено одно из древнейших животных, найденных здесь: сложный организм под названием трилобит. Уже давно вымершие трилобиты имели внешние скелеты и сочлененные конечности, но самой яркой их особенностью были сложные фасеточные глаза. Эти доисторические хищники могли видеть форму, обнаруживать движение и очень эффективно использовать свои глаза, преследуя добычу. Они прожили четверть миллиарда лет, исчезнув с Земли лишь в Массовом пермском вымирании 250 миллионов лет назад.

Одна из современных теорий происхождения жизни — теория Эволюционного Большого Взрыва — заключается в том, что появление глаз у таких животных, как трилобиты, спровоцировало Кембрийский взрыв. Как только у хищника появляются глаза, которые помогают ему преследовать свою жертву, в естественном отборе тут же появляется новая действующая сила. Животные, которые пережили это отбор, лучше всего приспособлены

к новой угрозе. Они умеют маскироваться, что способствует появлению более изощренного внешнего вида, или же они умеют уворачиваться от хищников с более совершенными органами чувств.

Эти ранние существа, увековеченные в Сланце Бёрджесса, были в числе первых существ, использовавших свет, который заполнял Вселенную. До их появления восход и заход Солнца и звезд в ночном небе оставались незамеченными. Эти существа — наши предки, и, в самом деле, в Сланце Бёрджесса имеются данные, свидетельствующие о том, что мы, люди, можем существовать только благодаря одной особенности: адаптации чужеродного червеобразного существа под названием

Мы даже смогли получить свет начала времен, и нам краем глаза удалось взглянуть на «семена» нашего собственного происхождения

пикайя. Как думают некоторые, хотя и не все, эволюционные биологи, пикайя — это самый ранний из известных предков современных позвоночных, ветвь жизни, которая нас объединяет. Так что вполне возможно, что эти маленькие червеобразные существа и есть самые ранние из известных наших предков. Еще одна замечательная особенность пикайи заключалась в том, что она, возможно, обладала светочувствительными клетками, что позволяло ей уклоняться от хищников и выживать в кембрийских морях, — клетками, которые, возможно, развивались в наших глазах в течение многих сотен миллионов лет. Конечно, все это умозрительно, но не исключено, что без еще одной замечательной способности примитивной пикайи — обнаруживать солнечный свет, — мы, люди, никогда и не появились бы на планете Земля. Может быть, здесь никогда бы не было формы жизни, способной выполнять одно простое действие, позволившее нам лучше всего понять нашу Вселенную: смотреть вверх.

Мы видели звезды, рожденные в далеких мирах, и галактики, затерянные во времени на самом краю видимой Вселенной и нашего Космоса несколько минут спустя после того, как все началось. ◉

СЛЕВА: Туманность Киля — это большая яркая туманность, окружающая несколько звездных скоплений. Она включает в себя две самых массивных и ярких звезды в нашей галактике Млечный Путь — Эта Киля и HD 93129A. Расположенная за 7 500 световых лет от Земли, эта туманность имеет около 260 световых лет в поперечнике, что примерно в семь раз превышает размер туманности Ориона, и хорошо видна в этой мозаике во всем своем величии. Наше представление о ней основано на фотографиях, собранных с помощью 1,5-метрового телескопа в датской обсерватории Ла-Силья, принадлежащей Европейской южной обсерватории (ESO).

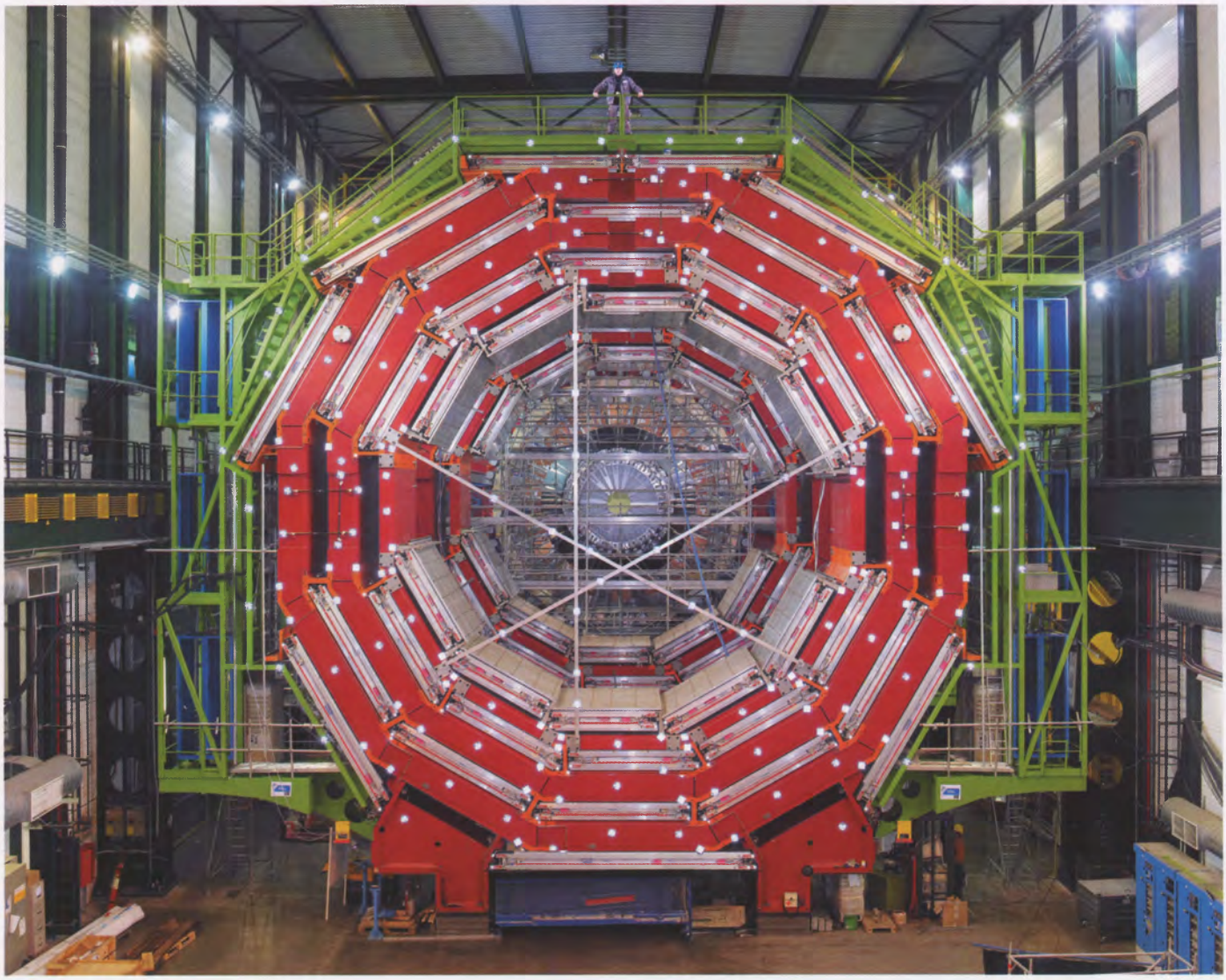
ГЛАВА 2

ЗВЕЗДНАЯ ПЫЛЬ

ПРОИСХОЖДЕНИЕ БЫТИЯ

Откуда мы взялись? Это старый вопрос, возможно, один из старейших, на который мыслители и ученые затрудняются ответить с древних времен. Размышления об этом продолжаются и сегодня, и может быть, что, когда вы будете читать эту книгу, в истории поиска строительных блоков Вселенной появится еще одна глава. Таковы сила, азарт и скорость прогресса в современной науке. Здесь я расскажу вам историю о том, как эти строительные блоки были созданы в самой ранней Вселенной, как они на протяжении миллиардов лет сплавлялись в более сложные структуры в «плавильных печах» Космоса и старательно собирались силами природы в планеты, горы, реки и людей.

СПРАВА: Большой адронный коллайдер (LHC) – это самый высокоэнергетичный ускоритель частиц в ЦЕРНе – Европейской лаборатории физики элементарных частиц близ Женевы в Швейцарии. В этой огромной машине, имеющей 27 километров (17 миль) в окружности, пучки протонов разгоняются, сталкиваясь друг с другом «лицом к лицу». Полученные частицы могут быть обнаружены и записаны так, чтобы ученые могли затем попытаться понять, как они взаимодействуют друг с другом.



Древние греки были глубоко озабочены вопросом, из чего мы «сделаны», хотя им не хватало научной методологии и технологии, чтобы найти вразумительные ответы. Это привело к возникновению множества конкурирующих гипотез, в том числе таких, которые оказались близки к нашей современной точке зрения: мы все сделаны из очень мелких кусочков. Мельчайшие строительные блоки материи — неделимые основные единицы, которые могли быть составлены вместе для создания мира. Эта теория была названа «атомистической гипотезой», ее авторство обычно приписывается двум мыслителям: Левкиппу и Демокриту, жившим около 400 года до н. э. Они считали, что мир был создан из бесконечного числа различных типов неделимых и нерушимых атомов. Каждый из них имел особую форму, что позволяло им сочетаться друг с другом при создании крупных объектов. Так, железо было сделано из одного типа атомов, вода — из другого, человеческая плоть — из третьего, и так далее. Они думали, что атомы обладают свойствами реальных веществ: атомы воды были скользкими, а атомы металла были сформированы так, чтобы блокироваться вместе для производства очень сложных веществ. Теперь мы знаем, что это не просто неправильно, но и непомерно усложнено. И хотя их гипотеза была верна в том, что все в мире состоит из более мелких частей, не требуется бесконечного числа видов атомов, чтобы построить сложный мир вокруг нас. Человек состоит из того же материала, что и камень, рыба из того же материала, что и Земля, небо из того же материала, что и океаны. Перечисление основных строительных блоков и понимание того, как они сочетаются друг с другом, — это периферия физики элементарных частиц, и эти поиски продолжаются в Большом адронном коллайдере в ЦЕРНе в Женеве.

К началу 2011 года мы обнаружили, что Вселенная состоит из двенадцати основных строительных блоков, только три из которых необходимы для того, чтобы построить все на нашей планете, в том числе и наши тела. Эти три компонента: верхний и нижний кварки и электрон — могут быть объединены в более привычные нам протоны и нейтроны. Два верхних кварка и нижний кварк дают протон, а два нижних кварка и верхний составляют нейтрон. В свою очередь, протоны, нейтроны и электроны составляют химические элементы, девяносто четыре из которых, как известно, встречаются в природе, в том числе и основные химические элементы: водород, углерод, кислород, железо, золото и серебро. ◉

КРУГ ЖИЗНИ

ВНИЗУ: Берег реки Багмати выстлан погребальными кострами, на которых сжигали тела умерших.

В пятнадцати милях к северо-востоку от непальской столицы три небольших потока сошлись вместе, чтобы образовать одну из самых священных рек в мире. У истоков Багмати представляет собой быстро бегущий горный поток, но когда она, петляя по долине, достигнет Катманду, большого города в Гималаях, она становится широкой и величественной рекой.

В восточной части города, где мифическая сила реки достигает своего апогея, стоит храм V века Пашупатинатх — одно из самых священных мест в индуистском мире. Паломники приходят сюда со всех концов Индии и Непала, чтобы поклониться богу Шиве.

Я всегда считал индуистскую веру увлекательной: это богатая и сложная смесь мифологии и философии, обставленная множеством культовых сооружений и ритуалов, переполняющих всякого, кто причастен к ним, радостными чувствами. Пашупатинатх не исключение. Это одновременно и живое, и эфирное место, где цвета и шумы Индии встречаются с тонкой философией Тибета, и этот гибрид растворяется в кристально-чистом высокогорном гималайском воздухе и в дыму тысяч сжигаемых на погребальных кострах тел. Эти костры испокон веков зажигают здесь, в этом святом месте, где запах горелого мяса смешивается с благовониями, и звон колокольчиков и звуки пения в честь Обезьяньих богов прерывается звонками рыночных торговцев.

В основе индийской философии лежит понятие Тримурти — триады, объединяющей три фундаментальных аспекта Высшего Существа. Они представлены в виде великих богов Брахмы, Вишну и Шивы. Бог Брахма — творец Вселенной, бог Вишну — хранитель мира и бог Шива — разрушитель всего. Шива — злой бог, он представляет тьму и, в конечном счете, именно он положит конец всему сущему на Земле. В индуизме это разрушение рассматривается как неотъемлемая часть жиз-

СЛЕВА: Для индусов уход любимого человека — это очередной этап в бесконечном цикле смерти и возрождения, который занимает центральное место в их убеждениях. Кремация — привычное зрелище вдоль берегов святой реки Багмати: тело опускают в реку трижды, прежде чем сжечь, а в конце церемонии главный скорбящий должен искупаться в водах реки, при этом его часто сопровождают и другие скорбящие.

ненного цикла, так как для того, чтобы появилось что-нибудь новое, старый порядок должен быть уничтожен. Именно поэтому храм Пашупатинатх и река, протекающая рядом, почитаются как место смерти.

Индусы верят, что цель пребывания души на Земле заключается в прохождении ее через циклы возрождения и реинкарнации, которые совершаются до тех пор, пока душа не достигнет совершенства. Только тогда она может воссоединиться с Мировой Душой и освободиться от своего материального существования. Если ваше тело кремировали на берегу реки рядом с храмом Шивы Пашупатинатх, считается, что ваша душа будет освобождена из изношенного тела так быстро и легко, как только возможно.

Берег реки Багмати оказался весьма многолюдным местом. Это несколько шокировало мой британский взгляд, потому что смерть редко где выставляется напоказ так, как здесь, в Катманду. Я не видел еще нигде прежде столь равнодушного брожения между погребальных костров, как здесь, когда родственники и друзья погибшего проходят через свои ритуалы.

Согласно индуистской традиции принято считать, что тело человека состоит из пяти элементов: воздуха, воды, огня, земли и эфира. Примечательно, что в соответствии с современной наукой эта теория несколько усложнена, но их мнение о том, что происходит с этими элементами после смерти человека, вполне соответствует нашему современному пониманию того, как устроен мир.

В основе церемонии кремации лежит убеждение, что элементы тела освобождаются от души и возвращаются на Землю для переработки и повторного использования. Смерть, следовательно, — не конец существования и для бессмертной души или смертной плоти, это просто завершение одного этапа существования и начало другого, часть естественного цикла смерти и возрождения. Что же касается атомов и молекул, содержащихся в нашем организме, то современная наука находится в полном согласии с этой идеей. Когда я умру, составляющие меня компоненты не будут волшебным образом уничтожены, они вернутся на Землю и, когда пройдет достаточно времени, они станут частью какой-либо другой структуры.

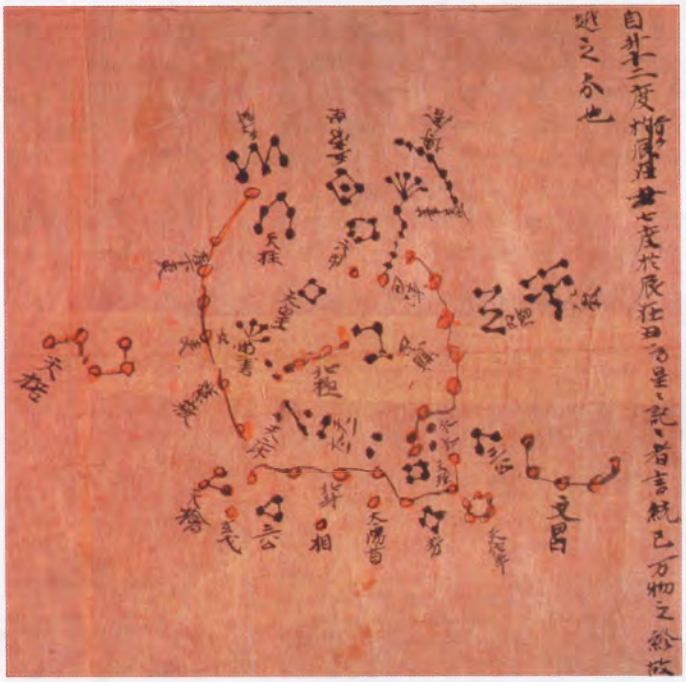
Конечно, не только индуизм богат лирическими историями о происхождении и эволюции человека и Вселенной. Практически каждое общество и каждая религия мира хранят в своем сердце историю сотворения мира, которая объясняет, откуда и как мы пришли сюда и что будет с нами, когда мы умрем. Это говорит о том, что любопытство и забота человека о своем происхождении, — врожденное, может быть, даже определяющее свойство человека.

В основе церемонии кремации лежит убеждение, что элементы тела освобождаются от души и возвращаются на Землю для переработки и повторного использования... Что же касается атомов и молекул, содержащихся в нашем организме, то современная наука находится в полном согласии с этой идеей.

Как и все великие системы мышления, современная наука имеет свою историю, основанную на физике и космологии. Она может рассказать нам, из чего мы созданы и откуда мы пришли на самом деле, она может рассказать нам, из чего сделано все в нашем мире и откуда оно взялось. Кроме того, она направляет нас на путь просветления, и не только в понимании нашей собственной жизни и смерти, но и в понимании жизни и смерти звезд. ◉

ВНИЗУ: Дуньхуанская карта звездного неба датируется 700 годом н. э. и является старейшей из существующих карт звездного неба. Она была названа так в честь места, где была найдена, — на Великом Шелковом пути в Северном Китае в XX веке, и в настоящее время принадлежит Британской библиотеке. Она изображает звезды на небесном своде в соответствии с китайской традицией изображения созвездий.

СПРАВА: Эта карта звездного неба показывает более подробный, художественно прописанный вид созвездий в соответствии с работами голландского картографа Фредерика де Вита, творившего в XVII веке.



ИЗОБРАЖЕНИЕ НОЧНОГО НЕБА

На протяжении тысяч лет древние астрономы пытались уловить и каталогизировать каждую звезду; наблюдали, регистрировали и давали имена стольким из множества этих далеких солнц (поскольку мы теперь знаем их истинную природу!), скольким могли.

Как только вы покинете город и на своем опыте узнаете, что такое по-настоящему темное ночное небо, для вас станет очевидным, почему наши предки потратили так много времени, глядя на звезды.

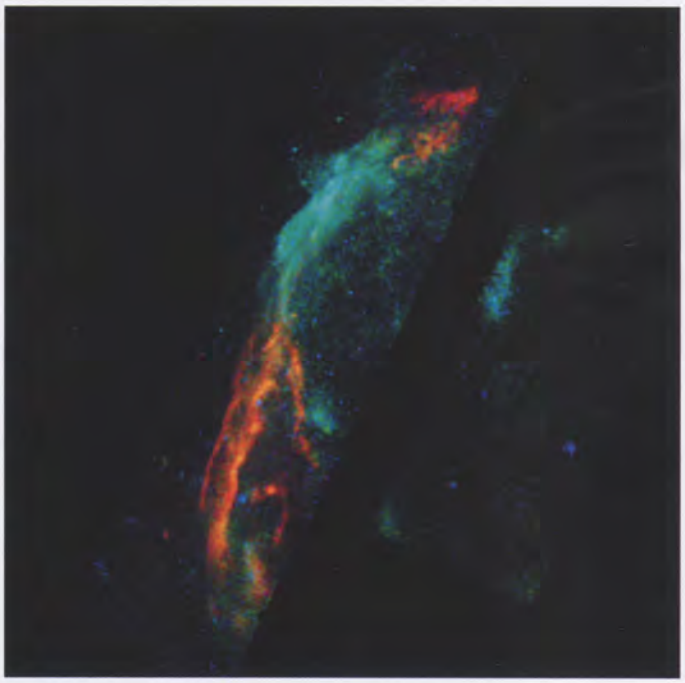
Самой старой из известных сегодня звездных карт, возможно, более тридцати тысяч лет. Отпечаток на бивне мамонта, обнаруженном в Германии в конце 1970-х, напоминает скопление звезд, которое мы называем Орионом. Во Франции были обнаружены наскальные рисунки, на которых видно, что люди начали изображать ночное небо за десятки тысяч лет до того, как великие древ-

ние цивилизации начали медленно и тщательно изучать Вселенную.

Египтяне были одной из первых древних культур, которая не только начертила карту ночного неба, но и дала названия некоторым из наблюдаемых звезд. Шумеры и вавилоняне пошли дальше, записав первые имена и начертив модели созвездий, кроме того, они создали астрономические каталоги, в которых перечислили и сгруппировали созвездия по степени их возрастающей сложности. Греческие, китайские и исламские астрономы продолжали строить различные системы классификации, в которое входили многие звезды, которые и сегодня еще носят свои оригинальные арабские имена.

В 185 году нашей эры, впервые в истории человечества, в ночном небе был обнаружен и задокументирован особый тип мимолетных дополнений к постоянным огням что вывело нас за пределы простого именования звезд и дало нам возможность рассказать историю их рождения и смерти.

ВНИЗУ: В 185 году нашей эры китайские астрономы стали свидетелями яркого и долгого сияния в нашем небе. Оно было сопоставимо по яркости с Марсом и длилось в течение восьми месяцев. Это явление было первым зарегистрированным взрывом сверхновой, но то, что мы наблюдаем последствия именно этого космического события, не было ясно до конца 2006 года. На этом фото, сделанном в рентгеновской обсерватории Чандра, изображен объект RCW 86. На фото видны низко-, средне- и высокоэнергетические рентгеновские лучи красного, зеленого исинегоспектровсоответственно. На основании изучения распределения энергии, доносимой рентгеновскими лучами, в сочетании с измерением размера остатка, ученые смогли сделать вывод, что объект RCW 86 появился в результате взрыва массивной звезды на расстоянии около 8000 световых лет от Земли.



В конце 2006 года были идентифицированы остатки космического события, происшедшего в 185 году нашей эры. На фото выше, сделанном в рентгеновской обсерватории Чандра, изображен объект RCW 86. Считается, что этот объект — все еще светящиеся останки одного из самых мощных событий в нашей Вселенной: взрыва сверхновой.

Сверхновые — это заключительный акт в жизни массивных звезд: колоссальные взрывы, в которых одна звезда может светить так же ярко, как миллиард солнц. Если RCW 86 — это останки сверхновой, которая взорвалась в 185 году нашей эры, то «приглашенная звезда», описанная китайскими астрономами как ярко светящаяся в небе в течение восьми месяцев и вдруг пропавшая из виду, находится на расстоянии около 8 000 световых лет от нас. Это колоссальное расстояние, с которого она не должна была бы светить в нашем небе так ярко! Древние астрономы, конечно, не знали этого в то время, но они задокументировали первое свидетельство того, что все звезды должны умереть. ◉

«ЗВЕЗДНЫЕ ЯСЛИ»

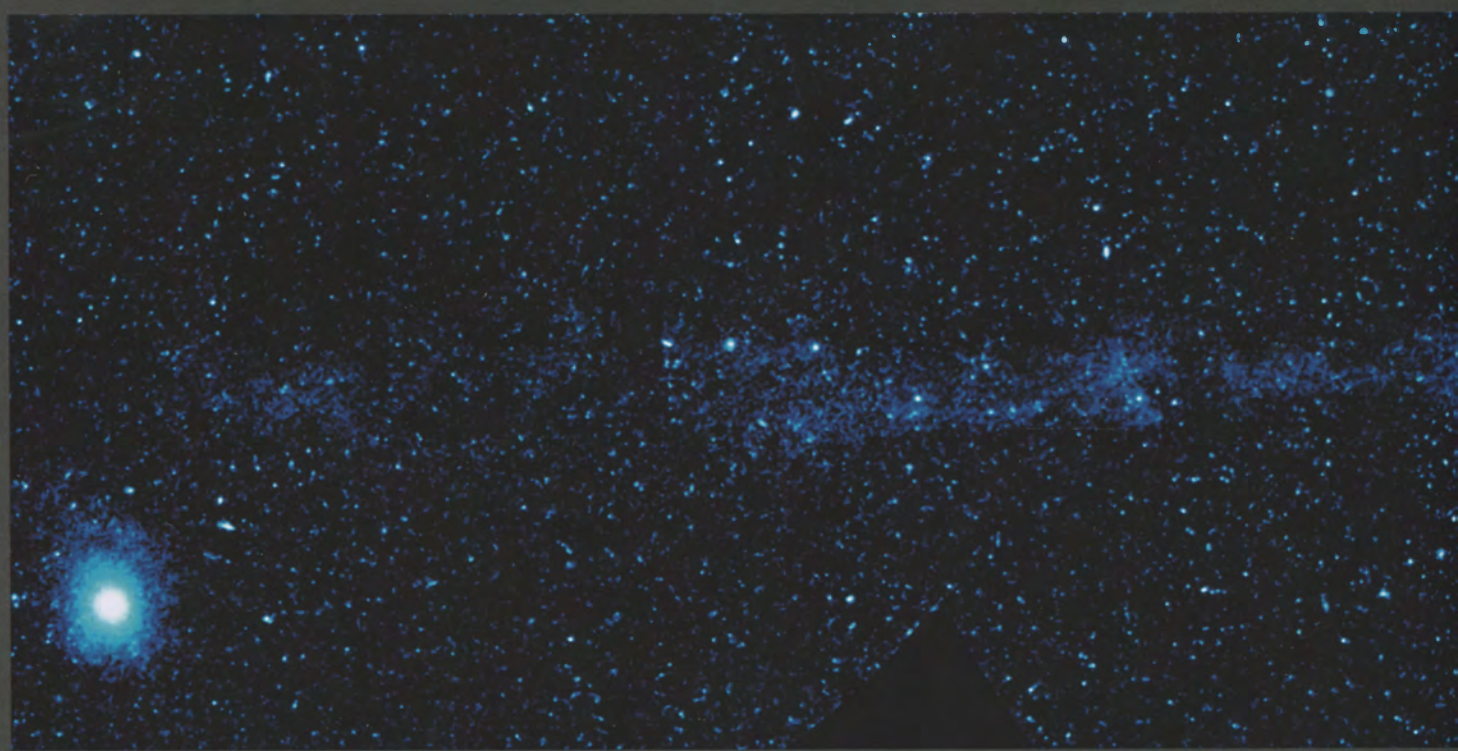
ВНИЗУ: На этих удивительных ультрафиолетовых фотографиях, сделанных аппаратом НАСА Galaxy Evolution Explorer , видна звезда по имени Мира, которая движется с ускорением по небу, оставляя за собой целый шлейф космического мусора. Это материал, по сути, – «семена», которые будут переработаны, чтобы создать новые звезды, планеты и, возможно, даже жизнь, которая впоследствии пройдет и через нашу Галактику.

Над нашими головами разворачивается захватывающая история жизни и смерти. Она начинается в огромных «звездных яслях», где в жизнь врываются новые звезды. Эти плодородные районы звездообразования - туманности, они относятся к числу самых прекрасных небесных структур. Одна из них, туманность Ориона (на фото крайняя справа), - пожалуй, наиболее изученный астрономический объект. Уже майя знали о тусклых пятнах под звездами пояса Ориона.

Туманность Омега (Подкова или Лебедь) - это огромное межзвездное облако, которое имеет более пятнадцати световых лет в поперечнике и освещено сотнями ярких молодых звезд.

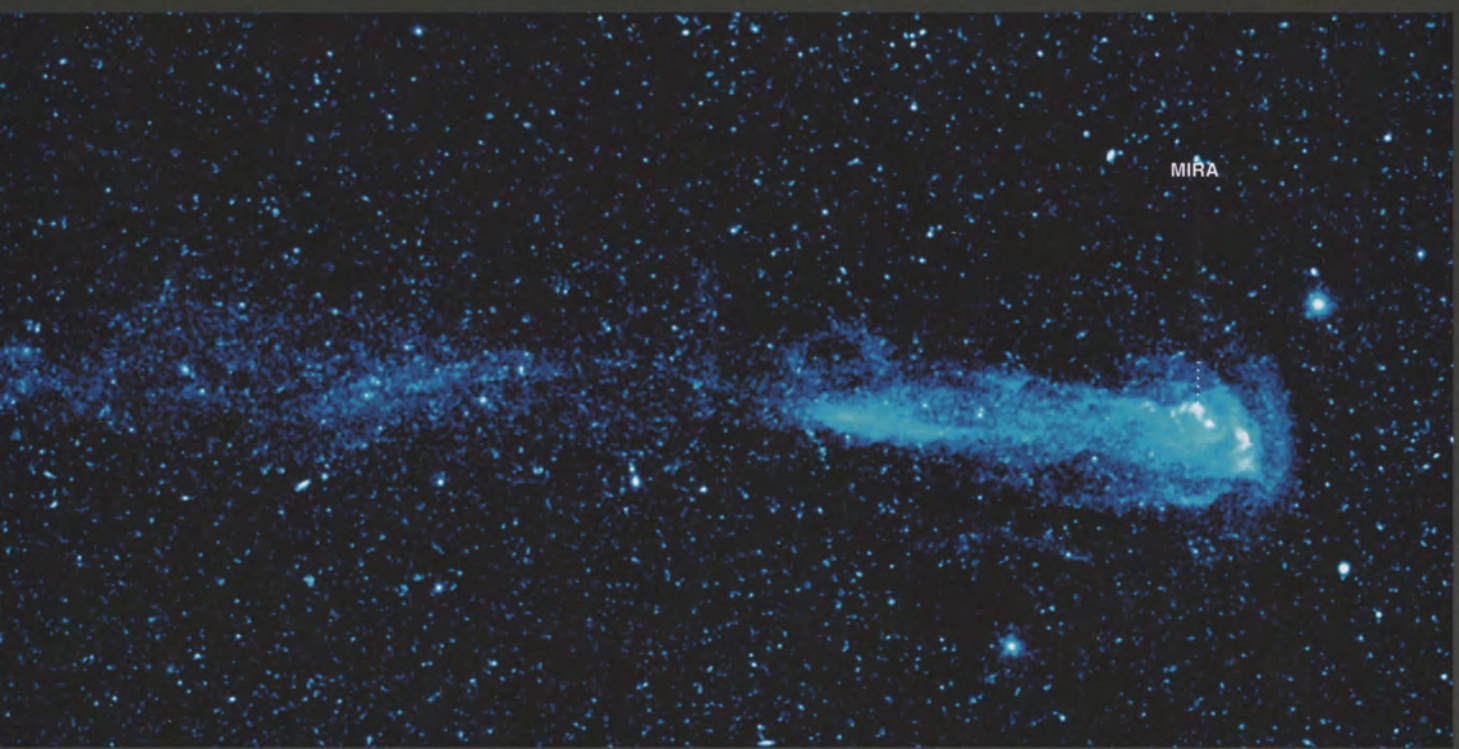
Чем ближе самые массивные звезды к концу своей жизни, тем быстрее они превращаются в колоссальных гигантов, - таких как красная Мира, радиус которой в 400 раз больше, чем наше Солнце, и она из последних сил цепляется за жизнь. Когда, наконец, таким звездам приходит конец, взрыв сверхновой оставляет черную дыру - объект настолько плотный, что даже свет не может вырваться из его лап. Звезды чуть меньших размеров заканчивают свой век, становясь нейтронными звездами через несколько дней после взрыва сверхновой.

Звезды, намного меньшие, чем Мира, не будут взрываться. Такие относительно холодные звезды называются красными карликами и являются наиболее распространенным типом звезд в нашей галактике. Пожалуй, наиболее известная из них - Глизе 581. Расположенная на расстоянии всего лишь чуть более двадцати световых лет от Земли, эта звезда была предметом интенсивных наблюдений в последние годы в связи с тем, что были открыты, по крайней мере, шесть экзопланет, вращающихся вокруг нее. Самая удивительная планета Глизе 581, как полагают, расположена на орбите обитаемой зоны звезды, и поэтому считается достойным местом для поиска внеземной жизни. ◉



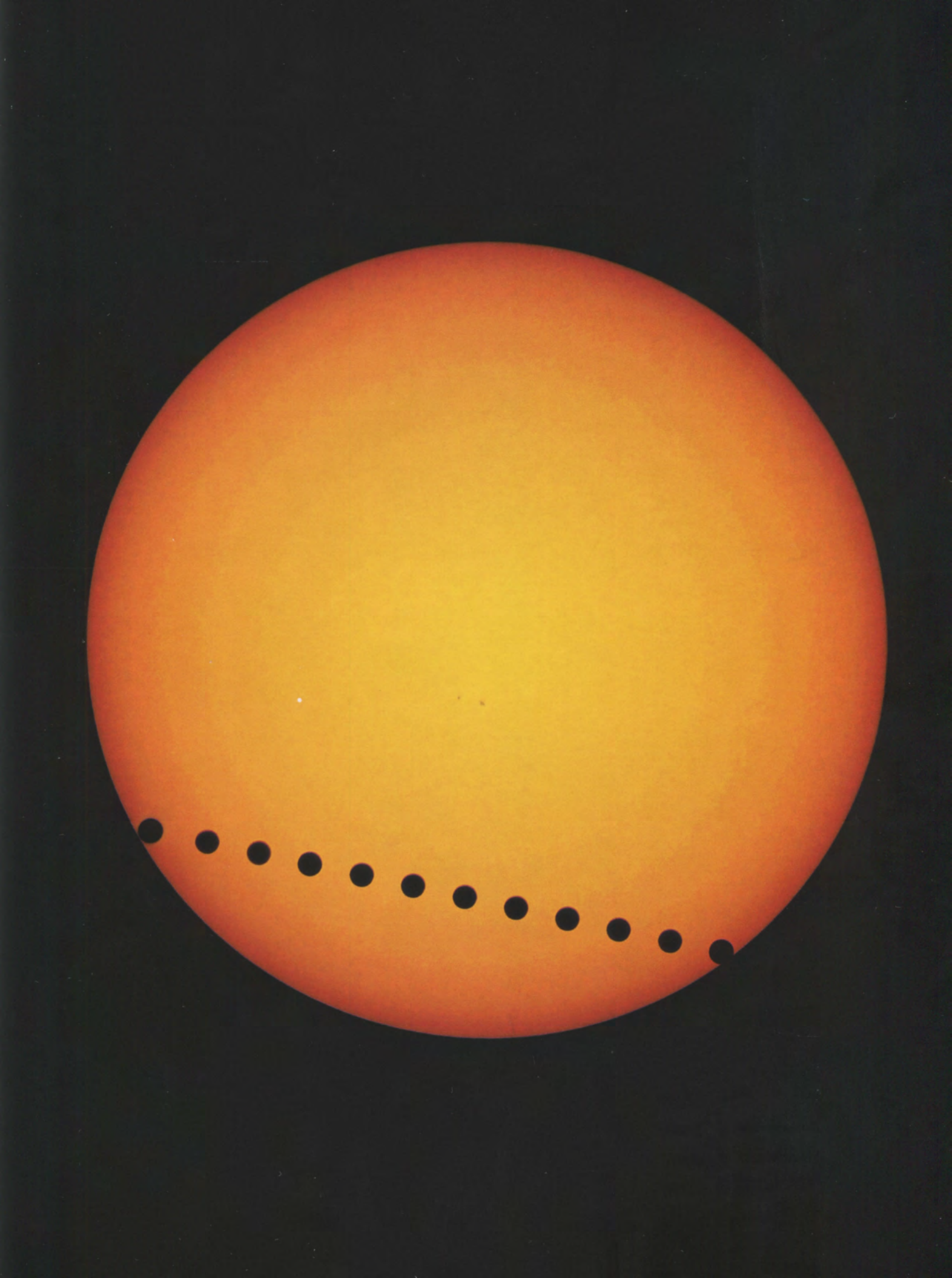
ВНИЗУ: Туманность Подкова или туманность Лебедь – это молекулярное облако, которое часто называют и туманностью Омега из-за сходства его формы с греческой буквой Омега. Ультрафиолетовый свет от кластера массивных молодых звезд похоронен в туманности, что позволяет светиться окружающему их газу. Эта фотография была сделана 3,6-метровым (11,8- футовым) телескопом в Европейской южной обсерватории в Ла Силла в Чили.

ВНИЗУ: Возможно, наиболее изученный астрономический объект – туманность Ориона. Она является одной из самых прекрасных структур в небе на расстоянии более чем 100 орбит Земли. Особенно хорошо она была видна в период с октября 2004 года по апрель 2005 года. Телескоп НАСА Хаббл сфотографировал ее, и теперь это один из самых подробных когда-либо сделанных астрономических снимков. В ясном темном ночном небе это замечательное образование, включающее в себя более 3 000 звезд различного размера, можно увидеть невооруженным глазом. Это сложное, постоянно развивающееся образование дало ученым возможность понять, как образуются звезды.



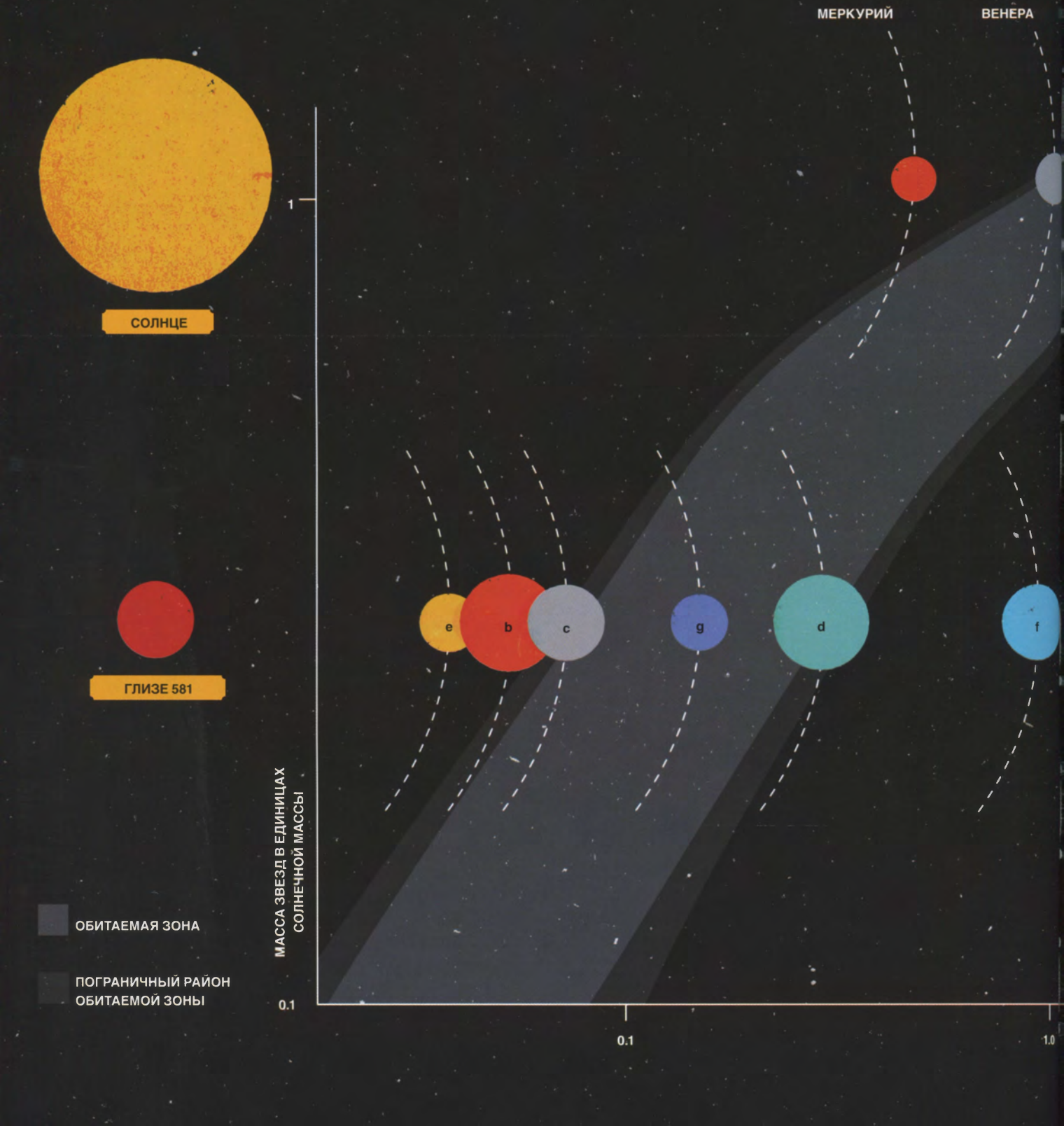
Венера и наше Солнце встречаются редко. Это происходит лишь два раза в восемь лет, а затем не повторяется в течение еще 100 лет. Последний раз это произошло в 2004 году, следующий раз случится в 2012-м. Чтобы увидеть это еще раз, нам придется подождать до 2116 года.

СПРАВА: Это композитный снимок прохода Венеры мимо Солнца 8 июня 2004 года. Венеру можно было видеть с Земли как маленький черный диск, перемещающийся по диску Солнца.

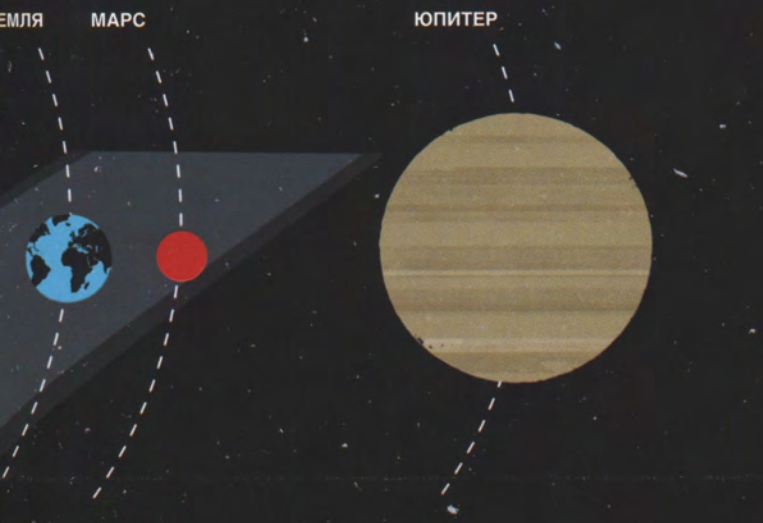


КАК НАЙТИ ЭКЗОПЛАНЕТЫ

Одна из самых захватывающих областей текущих астрономических исследований - это охота на планеты, которые обращаются вокруг других звезд. Такие экзопланеты потенциально могут быть населены обителями внеземной жизни. До недавнего времени такой поиск был невозможен, потому что планеты слишком бледны, чтобы мы могли видеть их на межзвездных расстояниях, однако благодаря новому современному оборудованию мы теперь в состоя-

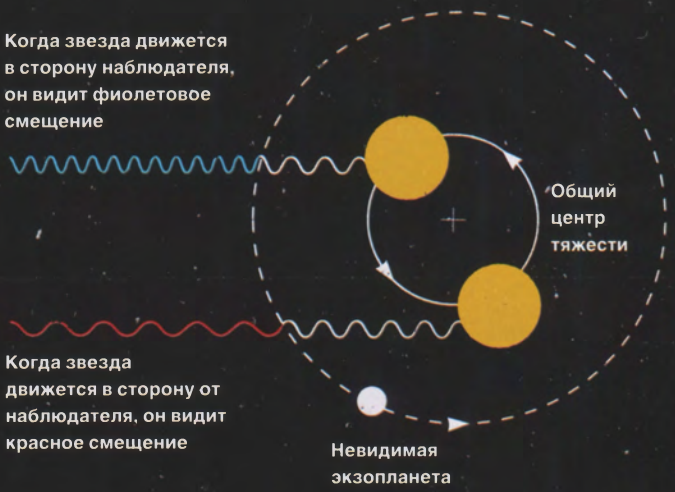


нии обнаружить контрольные сигналы экзопланет, используя два основных метода: метод радиальной скорости и транзитный метод. С помощью этих методов среди сотен звезд были обнаружены отдельные планеты и даже планетные системы. Массы этих планет, расположенных за пределами Солнечной системы, в несколько раз превышают массу Земли, размер же некоторых из них равен размеру 25-ти Юпитеров. Климат на планете, где могла бы существовать жизнь, зависит от ее расстояния от «материнской» звезды. Вокруг каждой звезды есть «обитаемая зона», в которой температура позволяет воде существовать в жидком виде. Размер этой зоны зависит от энергии, исходящей от звезды: самые маленькие из них обладают самыми тесными, самыми узкими зонами. Красный карлик Глизе 581, как полагают, обладает, по крайней мере, одной планетой в пределах своей обитаемой зоны.



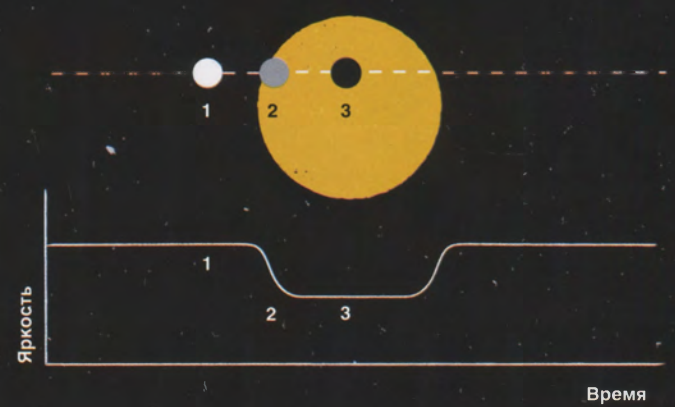
МЕТОД РАДИАЛЬНОЙ СКОРОСТИ

Наличием экзопланеты объясняются колебания звездной орбиты, что может быть обнаружено благодаря небольшим изменениям в спектре света, достигающего Земли



ТРАНЗИТНЫЙ МЕТОД

По мере того, как экзопланета постепенно проходит перед звездой, яркость звезды уменьшается



По мере того, как мы наблюдаем все космические структуры вокруг нас в потрясающих деталях, каждая из них рассказывает нам что-то свое о жизненном цикле звезд. Тем не менее, понимание законов, по которым существуют звезды, дает нам возможность узнать нечто гораздо более важное. Звезды представляют собой результат процессов созидания всего во Вселенной, кроме простейших атомов. Еще Левкипп и Демокрит, знаменитые древнегреческие мудрецы, предположили, что все в мире состоит из атомов, как из строительных блоков, которые входят в состав и нас с вами. Эта теория сохраняет свою актуальность и в наши дни. Чтобы понять, как звезды могут играть такую важную роль в нашей жизни, мы должны на мгновение отвлечься от неба и вернуться обратно на твердую почву — на Землю.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ

Чтобы понять, как жизнь звезд связана с нашей жизнью, нужно задуматься о том, откуда мы взялись. Нет, вероятно, более красивого и поучительного места на Земле, откуда можно начать это путешествие, чем место, расположенное в тени высокогорного Гималайского кряжа. Это поистине земля гигантов: девять из десяти самых высоких гор на Земле входят в их систему; она включает в себя около ста пиков, высота которых превышает 7 200 метров (23 620 футов). Гималаи — родина сорока пяти из пятидесяти самых высоких пиков мира. Потрясает величие этих гор, откуда нам предстоит совершить увлекательное и познавательное путешествие к пониманию структуры «строительных блоков» Вселенной. Несмотря на их величие, лишь несколько десятков миллионов лет назад эти горы были совсем другими.

Помимо того, что Гималаи — крупнейший горный массив на планете, они являются одним из самых молодых массивов. Всего лишь семьдесят миллионов лет назад (это очень короткое время в геологическом плане!) Гималаев не существовало. Неустанное движение тектонических плит — сердцебиение Земли — сформировало эти горы. Когда Индо-Австралийская платформа столкнулась с Евразийской плитой, двигаясь ей навстречу со скоростью около 15 сантиметров (6 дюймов) в год, дно океана между ними начало деформироваться и подниматься, преобразуясь в горы. Следовательно, большая часть скал, из которых состоят эти высокие пики, сформировалась на дне океана, но они поднялись на тысячи метров ввысь за несколько коротких миллионов лет.

Не трудно найти свидетельства этого необычного путешествия во времени. Если вы внимательно посмотрите на любой кусок гималайского известняка, вы увидите, что он имеет меловую зернистую структуру. То, на что вы смотрите, — это окаменелые останки морских существ, органы и оболочки кораллов и полипов, которые погибли миллионы лет назад в давно утраченном океане. В относительно короткие сроки и при небольшом давлении эти биологические останки быстро превращаются в твердую породу. Известняк может быть образован и непосредственным осаждением карбоната кальция из воды, хотя биологические осадочные формы в нем более обильны. Мы знаем, что гималайский известняк преимущественно биологического происхождения, потому что мы нашли окаменелости на вершине Эвереста! Но, возможно, это и не лучший пример бесконечной утилизации ресурсов Земли, которая продолжается с самого момента ее образования — почти пять миллиардов лет.

Мы, люди, тоже часть этой системы, хотя, безусловно, достаточно важная. Как бы тревожно это ни звучало, каждый атом нашего тела когда-то был частью чего-то еще, что прежде уже существовало на Земле. Возможно, они были частью древнего дерева или динозавра, и (вы, конечно, будете рады узнать!), что они могли бы быть частью вот этой скалы. Причина того, что породы Земли могут стать живыми существами, а живые существа, в конечном счете, умирая, становятся снова породами, проста: все во Вселенной состоит из одних и тех же основных элементов. ◉

СЛЕВА: Гималаи — крупнейший и самый молодой горный массив на планете. На этой панораме, снятой с вершины Кала Паттар в Национальном парке Сагарматха в Непале, видна лишь малая часть их величия. Понимание того, как появились на Земле эти горы, помогает нам ответить на многие вопросы о строении всех живых и неживых элементов Вселенной.

ВНИЗУ СЛЕВА: Когда вы увидите сами масштабы Гималаев и величественную вершину горы Эверест, вам трудно будет поверить, что эти гигантские горы начали свою жизнь на дне океана.

ВНИЗУ СПРАВА И НИЖЕ: Их природная обработка невероятна и производит неизгладимое впечатление. Гималайский известняк оказался преимущественно биологического происхождения, о чем мы можем судить по множеству окаменелостей раковин и морских существ, которые были найдены на вершине горы Эверест.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА

Для многих людей Периодическая таблица системы Д.И.Менделеева сильно отзовется школьной программой. В самом простом виде она представляет собой список химических элементов – основных единиц веществ, которые считаются мельчайшими «строительными блоками» мира. Тем не менее, эта таблица гораздо больше, чем просто список. Хотя элементарная теория вещества была впервые постулирована в Греции, она не была признана до 6 марта 1869 года, когда русский химик Дмитрий Менделеев, наконец, «приручил» постоянно расширяющийся перечень основных составляющих вещества. Гений Менделеева заключался в том, что он организовал список из шестидесяти шести известных тогда элементов в таблицу в соответствии с их химическими свойствами. Впоследствии таблица не только предоставила ученым удобный способ группировки элементов в соответствии с их свойствами, но и предсказала существование еще восьми позднее обнаруженных элементов. Все восемь элементов были открыты в течение следующих тридцати лет. Количество элементов продолжало расти, и к 1955 году группой

ученых из Калифорнийского университета в Беркли был обнаружен сто первый элемент, который они назвали менделевий, отдавая дань уважения отцу Периодической системы. На сегодняшний день классифицировано 118 элементов, последний из которых, унунсептий, был успешно синтезирован русско-американской группой в апреле 2010 года.

Первые девяносто четыре элемента таблицы, начиная с водорода и кончая плутонием, встречаются в природе на Земле. Эти элементы представляют собой «строительные блоки», из которых природа создает свои «творенья». Остальные двадцать четыре элемента могут быть синтезированы только искусственно, и живут они очень недолго. Зная свойства этих девяноста четырех элементов, можно объяснить все биологические и химические процессы, происходящие на Земле.

Первый шаг на нашем пути к объяснению того, откуда мы пришли, - это понимание того, как появились на Земле эти девяносто четыре элемента. Но сначала мы должны выяснить, откуда мы знаем, что все, что мы видим в небе, построено из того же материала, что и мы, и все, что существует на Земле. ◉

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВСЕЛЕННОЙ

Кажется удивительным, что мы знаем, из чего состоит каждая звезда, планета и спутник в наблюдаемой Вселенной, несмотря на тот факт, что люди в действительности лично посетили только одно место во Вселенной.

21 июля 1969 года Нил Армстронг и Базз Олдрин стали первыми людьми, которые ступили на поверхность другого мира. Они ходили по поверхности Луны 2 часа 36 минут и 40 секунд, и только последние полчаса они провели за решением одной из самых важных научных задач. Используя базовые геологические инструменты, Базз Олдрин вкопал две трубки в лунную поверхность для сбора самых знаменитых в истории проб породы. К тому времени, как они закончили копать и черпать образцы, были собраны 22 килограмма (47 фунтов) лунных сокровищ. После того как при помощи системы шкивов бесценный научный груз был поднят на борт, они закрыли люк и легли спать. Пока два астронавта спали вместе с драгоценными лунными породами, Соединенные Штаты могли уже обоснованно утверждать, что одержали самую большую и, возможно, самую славную победу в своей истории. В этот момент победа США стала триумфом всего человечества.

Тем не менее, существует один не слишком известный факт: когда лунный модуль «Аполлон-11» отдыхал на Луне, советский космический корабль плыл по лунной орбите. Беспилотный аппарат «Луна-15» был третьей попыткой Советского Союза высадиться на Луне и собрать образцы лунных пород. Запущенный за три дня до «Аполлона-11», «Луна-15» был последней попыткой одержать верх в научной гонке и вернуться из другого мира с образцами горных пород. И хотя «Луна-15» успешно начал свой спуск на Луну, он, к сожалению, вскоре после этого врезался в ее поверхность. И только «Аполлон-11» вернулся с Луны с породами, которые по сегодняшний день изучаются в хорошо защищенной лаборатории лунных образцов в Хьюстоне (штат Техас).

Несмотря на сорок лет исследований, одно было ясно почти с самого начала: эти бесценные образцы чужой породы чрезвычайно похожи на те, что были собраны на Земле. В основном они состоят из общих породообразующих элементов: кислорода, кремния, магния, железа, кальция и алюминия. И на поверхности Луны нет абсолютно ничего такого, чего не удалось найти здесь, на Земле.

После успешной миссии «Аполлона-11» мы высадились на Марсе и Венере, забросились с парашютом в атмосферу Юпитера, «приземлились» на спутнике Сатурна Титане, а также посетили астероиды Эрос и Итокава и комету Темпеля. История повторяется: вся Солнечная система состоит из того же материала, что и мы. На сегодняшний день восемь посадок на ближайшую к нам планету Марс позволили изучить «геологию» планеты в мельчайших подробностях. Теперь мы знаем,

ВЫШЕ: 21 июля 1969 года Нил Армстронг и Базз Олдрин стали первыми людьми, ступившими на Луну. Эта успешная посадка открыла ученым неограниченные возможности, позволившие понять формирование лунных пейзажей. На этой фотографии видно, как Базз Олдрин собирает образцы лунного грунта, которые он потом отвез на Землю для анализа.

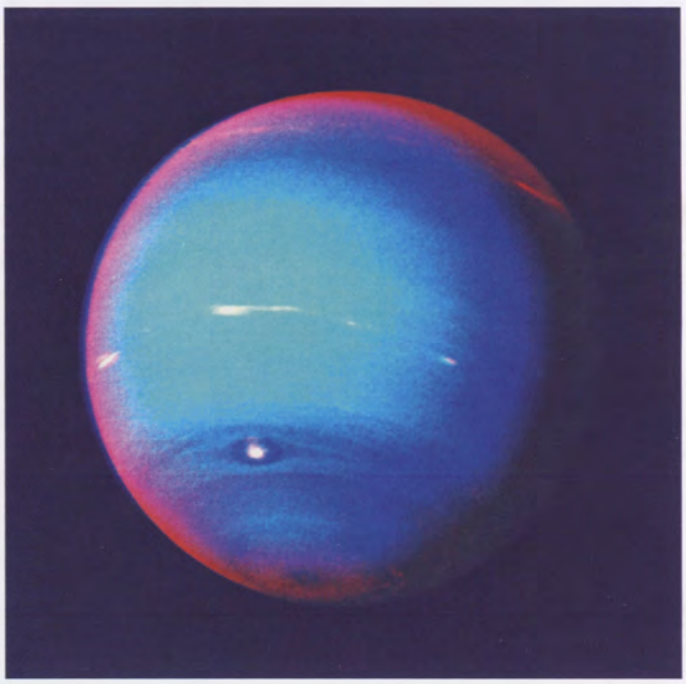
НАВЕРХУ: Лунная миссия «Аполлон-11» была запущена из Космического центра Кеннеди (штат Флорида) 16 июля 1969 года и благополучно вернулась на Землю 24 июля 1969 года вместе с бесценным грузом образцов с поверхности Луны. Первый контейнер был передан на базу ВВС «Эллингтон» и был доставлен непосредственно в Лунную лабораторию Центра пилотируемых космических аппаратов (MSC[1]) в Хьюстоне (штат Техас).

[1] MSC – аббревиатура, образованная от Manned Spacecraft Center – Центр пилотируемых космических аппаратов (*прим. пер.*).

СЛЕВА: После благополучного возвращения на Землю лунные сокровища, в том числе и образцы горных пород, были тщательно проанализированы в надежно защищенной лаборатории и анализируются там до сих пор.

ВНИЗУ: Эта ложно-цветная фотография Нептуна была сделана «Вояджером-2». Это изображение позволило ученым обнаружить, что планета богата органическими молекулами, такими как метан.

Снова и снова мы находим так много всего в Солнечной системе, достойного быть открытым, но мы никогда не находим там новых элементов.



что Марс богат железом, которое окисляется и образует знакомый нам ржаво красный цвет планеты, и что марсианский грунт слегка щелочной и содержит магний, натрий, калий и хлориды. Мы также знаем, что толстая атмосфера Венеры полна серы, а планета Меркурий — большой металлический шар из железа с тонкой коркой, состоящей в основном из кремния. Даже на самом краю Солнечной системы, за миллиарды километров от Земли, мы обнаружили, что Нептун богат органическими молекулами, такими как метан — вещество, которым изобилует наша планета. Снова и снова мы находим так много всего в Солнечной системе, достойного быть открытым, но мы никогда не находим там новых элементов. С научной точки зрения это неудивительно, потому что уже давно таблица Менделеева показала, что для других легких элементов в природе не осталось места — мы обнаружили полный их набор. Потребуется изменение законов физики, чтобы обнаружить нечто на поверхности другого мира, не вписывающееся в таблицу Менделеева, но с точки зрения исследователя — пока не увижу, не поверю!

Так как же насчет остальной Вселенной? Как Вселенная переносит эти элементы сквозь космические дали? Может быть, во Вселенной есть места, где законы физики отличаются от земных? Это законный вопрос — мы не должны просто предполагать, что все на границе видимой Вселенной в миллиардах световых лет от нас работает точно так же, как здесь, как бы ни были убедительны аргументы теоретической физики. Эксперимент и наблюдение — лучшая проверка реальности. Может показаться невозможным предположить, что мы могли бы когда-нибудь ответить на этот вопрос прямо и узнать, из чего сделаны звезды, потому что они слишком далеко, ведь они действительно могут навсегда остаться неприкосновенными! Но на самом деле мы знали, из чего сделаны звезды, задолго до того, как получили в свои руки первый кусок лунной породы. ◉

ИЗ ЧЕГО СДЕЛАНЫ ЗВЕЗДЫ?

Солнце — горящая звезда в центре нашей Солнечной системы — расположено на расстоянии 150 миллионов километров (93 миллионов миль) от Земли. До ближайшей известной звезды, расположенной за ней, — красного карлика Проксимы Центавра — более четырех световых лет или сорок тысяч миллиардов километров (двадцать пять тысяч миллиардов миль). Мы узнали много нового о Проксиме Центавра с тех пор, как она была обнаружена Робертом Иннесом в Южноафриканской астрономической обсерватории в 1915 году. Считается, что Проксима Центавра входит в состав тройной звездной системы вместе с соседней двойной звездной системой Альфа Центавра, состоящей из A и B. Ее нельзя увидеть невооруженным глазом, но мы смогли измерить ее массу, диаметр и изменения яркости за последние 100 лет. Несмотря на то, что наш единственный контакт с этими соседними звездами и с любой другой звездой, кроме нашего Солнца, — это свет, который пересекает Вселенную, чтобы добраться до нас, мы смогли пойти гораздо дальше, чем просто каталогизировать их жизненную статистику. Мы можем измерить точные составляющие любой и каждой видимой звезды в небе, потому что, закодированные в свете, эти данные «проливаются световыми дождями» на Землю, что является ключом

НАВЕРХУ: С помощью простого костра я воссоздал эксперименты Густава Кирхгофа и Роберта Бунзена, которые оказали очень большое влияние на развитие квантовой теории. Когда я бросил медь в огонь, она горела эффектным синим пламенем. Так же она горела и 150 лет назад, когда ими было сделано это открытие.

СПРАВА: В начале XIX века немецкий ученый Йозеф фон Фраунгофер документально подтвердил существование 574 темных линий в солнечном спектре. Эта диаграмма — визуальное представление линий Фраунгофера.

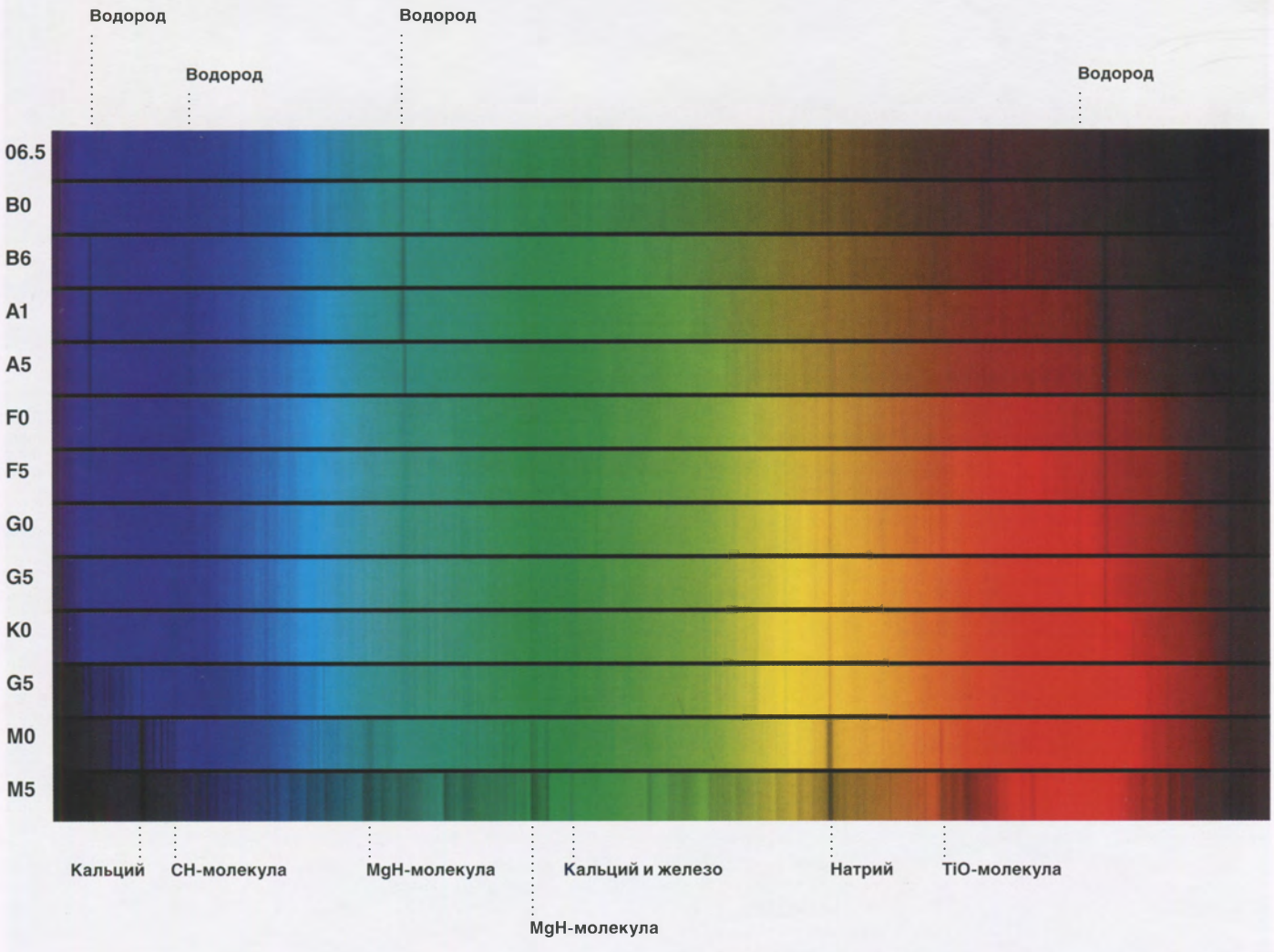
к пониманию того, из чего же сделаны звезды. Все это стало возможным благодаря самым красивым свойствам элементов.

Повесть о том, как мы научились читать историю звезд в их свете, началась в 1670 году с работы Исаака Ньютона. В своей «Теории цвета» Ньютон доказал, что белый свет Солнца состоит из спектра цветов, а значит, его можно разбить на красочные компоненты, не используя ничего сложнее стеклянной призмы. Почти 150 лет спустя немецкий ученый Йозеф фон Фраунгофер сделал потрясающее открытие относительно солнечного спектра, калибруя некоторые телескопические линзы и призмы. Исследуя солнечный спектр, Фраунгофер документально подтвердил существование 574 темных линий. Там были буквально сотни пробелов — отсутствующие цвета в свете Солнца. Не понимая значения этого открытия в то время, Фраунгофер тщательно зафиксировал свои наблюдения в мельчайших подробностях. Он пошел дальше, обнаружив черные линии в свете, исходящем от Луны, планет и других звезд. Теперь они известны как линии Фраунгофера.

Дальнейшую работу проделали еще два великих немецких ученых XIX века — Густав Кирхгоф и Роберт Бунзен. Во всем мире он известен среди школьников как изобретатель горелки Бунзена. Именно они, наконец, объяснили смысл этих линий. Свет нашей звезды несет нам «автограф» своих составляющих через 150 миллионов километров (93 миллионов миль) Космоса.

Открытие Кирхгофа и Бунзена было чисто эмпирическим: они заметили, что, когда газы нагреваются на Земле, они не просто светятся, как кусок горячего металла, они испускают свет весьма специфических цветов, и, что интересно, эти цвета зависят только от химического состава газа, а не от его температуры. В частности каждый химический элемент выделяет свой собственный уникальный набор цветов. Стронций, например, горит красивым красным цветом, натрий — темно-желтым, а медь — навязчивым изумрудно-зеленым.

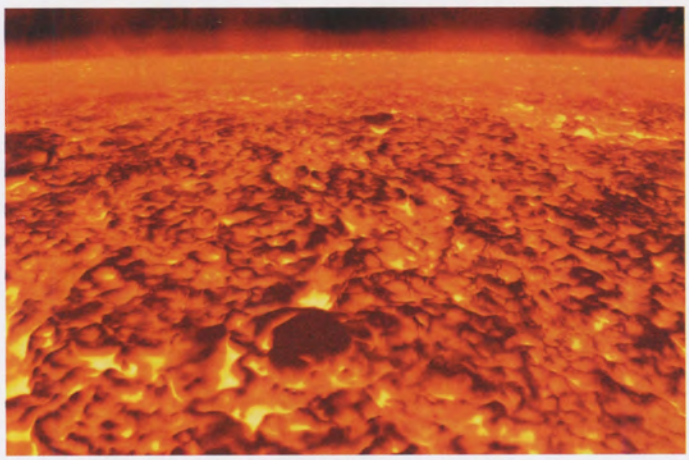
Еще эти два немецких ученых заметили, что отсутствие черных полос в солнечном спектре точно соответствует светящемуся цвету элементов. Вот, например, две черные линии в желтой части солнечного света, которые в точности соответствуют двум различным желтым линиям излучения горячих паров натрия. Вы знакомы с этой смесью двух слегка различающихся оттенков желтого — это цвет натриевых фонарей.

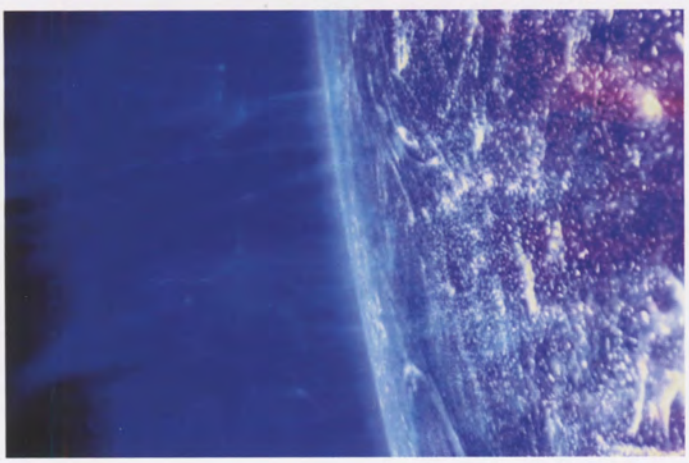


ВНИЗУ: Спектрографическое исследование установило, что Сириус, который иногда называют звездой Собаки, богат металлом, и содержание железа там в три раза больше, чем у нашего Солнца.

СПРАВА: И хотя Полярная звезда (наверху и посередине) находится на расстоянии 430 световых лет от Земли, глядя на нее, мы знаем, что она содержит примерно столько же тяжелых элементов, как и наше Солнце, но заметно меньше углерода и гораздо больше азота. Тем временем, Вега – вторая по яркости звезда в северном небе – содержит только около трети количества металлов, содержащихся в нашем Солнце.

Не замечательно ли, что мы можем, просто посмотрев на свет мерцающих звезд, сказать, из чего сделаны эти огненные миры, как бы далеко они ни были?





Интересно, что Кирхгоф и Бунзен понятия не имели, почему элементы вели себя подобным образом. Элементы испускают и поглощают свет, когда электроны, окружающие их атомные ядра, «прыгают» вокруг. Считалось, что электроны не могут существовать в любой точке ядра подобно планетам вокруг звезды, но дело обстоит именно так — они существуют в любой точке ядра, а не на конкретных, жестко определенных «орбитах». Глубинная причина этого заключается в том, что электроны не всегда ведут себя, как крошечные частицы вещества. Они также проявляют волновые свойства, а это существенно ограничивает способы обращения их вокруг атомного ядра. На микроскопическом уровне дело обстоит так: когда атом поглощает свет, электрон переходит на другие, высокоэнергетические орбиты, и испускает свет, возвращаясь с более высокой на более низкую энергетическую орбиту. Разница в потенциале энергии между более низкой и более высокой орбитой должна точно соответствовать энергии поглощаемого или испускаемого света.

Однако квантовая теория предусматривает и то, что свет не всегда рассматривается как волны. Электроны так же, как и свет, могут вести себя и как волна, и как поток частиц. Эти частицы называют фотонами. А теперь ключевой момент: фотоны определенной энергии соответствуют определенному цвету света. Так как каждый элемент имеет электроны на уникальных, только ему свойственных орбитах вокруг ядра, каждый элемент будет в состоянии поглотить только определенные фотоны, чтобы переместить их электроны на более высокие энергетические орбиты. И наоборот, когда электроны «падают» с верхней энергетической орбиты на нижнюю, они будут испускать фотоны только определенной энергии и, следовательно, совершенно определенного цвета. Именно эти особенности цветов света мы видим, когда наблюдаем элементы, излучающие или поглощающие фотоны. Мы в самом прямом смысле видим структуру самих атомов вещества.

Если рассмотреть спектр света нашего Солнца, можно увидеть сотни линий Фраунгофера, и каждая из них соответствует элементу в солнечной атмосфере, поглощающему свет при прохождении через нее. От натрия в желтом, через железо и магний, вплоть до так называемых альфа-водородных линий в красном — «автографы» каждого из элементов зашифрованы в солнечном коде.

Рассматривая эти линии во всех подробностях, можно понять, из каких именно элементов состоит Солнце. Как оказалось, оно состоит примерно на 70 процентов из водорода, на 28 процентов из гелия, а оставшиеся 2 процента занимают другие элементы.

Эту теорию можно применить не только к Солнцу, но и к любой звезде, которую можно увидеть в небе, что позволяет нам анализировать состав их атмосферы с необычайной точностью.

Мы в самом прямом смысле связаны со всей Вселенной — с ее сотнями миллиардов звезд, летящих через миллиарды галактик, — потому что мы все сделаны из одного и того же материала, и тому есть одна очень простая причина: все во Вселенной имеет общее происхождение. ◉

РАННЯЯ ВСЕЛЕННАЯ

Для того чтобы понять, откуда мы пришли, мы должны понять события, происходившие в первые секунды жизни Вселенной. Когда Вселенная начиналась, она была невообразимо горячей и плотной – буквально не хватит научной лексики, чтобы описать это. Это было прекрасно в самом прямом смысле этого слова. Не было ни структуры, ни материи, и она была именно такой, какой бы вы ее видели, если бы могли в тот момент на нее посмотреть. Это трудно для понимания, но мы можем получить некоторое представление о том, что случилось с ранней Вселенной, изучая «поведение» одного из самых распространенных веществ на Земле – воды.

СПРАВА: Вода – одно из наиболее распространенных веществ на Земле, но именно она создает самые захватывающие геологические чудеса на нашей планете. Гейзеры Эль-Татио в Чили – лишь один из примеров удивительной активности воды.

ВНИЗУ: Одно из самых невероятных природных чудес Земли — гейзеры Эль-Татио — представляют собой самое большое гейзерное поле в мире. Расположенные в чилийских Андах на высоте 4 200 метров (13 800 футов), это еще и самые высокие гейзеры в мире.

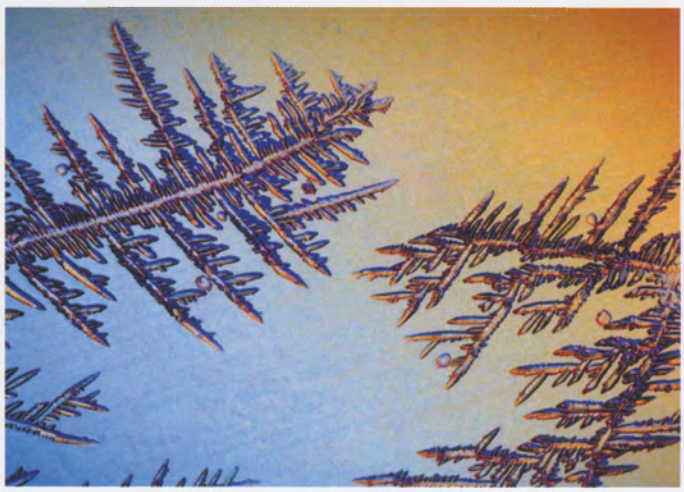
ГЕЙЗЕРЫ ЭЛЬ-ТАТИО, ЧИЛИ

Высоко в Андах, на крайнем севере Чили, вы найдете захватывающие гейзеры Эль-Татио. Это одно из геологических чудес южного полушария Земли. Они расположены на высоте 4 200 метров (13 800 футов) над уровнем моря. Это не только одно из крупнейших гейзерных полей в мире, на нем мы увидим один из самых высоких гейзеров. Для тех, кто приезжает сюда, чтобы наблюдать извержения струй воды в небо, самое лучшее время для наблюдения — восход солнца.

Ранним утром, когда Солнце начинает заглядывать за горизонт, сочетание перегретой воды и холодного морозного воздуха создает редкое явление. Как и во всех гейзерах, кипящая вода, подаваемая на поверхность геологическим «водопроводом», вырывается из глубины и испаряется, образуя величественные колонны пара. Но здесь, из-за большой высоты и резких перепадов температур, пар быстро конденсируется и возвращается в замороженное состояние, покрывая землю листами льда. Это, безусловно, одно из самых впечатляющих естественных мест на планете, где вы можете увидеть воду во всех трех ее фазах: жидкость, пар и твердый лед. Именно этот быстрый переход воды последовательно из одного состояния в другое дает нам хорошую аналогию для обсуждения событий, произошедших в самом начале жизни Вселенной.

Молекулы воды состоят из двух химических элементов: кислорода и водорода. Атомы кислорода и водорода симметричны, когда они существуют сами по себе и не связаны ни с какими другими атомами. Такое использование слова «симметричны», возможно, непривычно; здесь подразумевается то, что сами атомы будут выглядеть одинаково, под каким бы углом вы на них ни смотрели. На языке физики это называется вращательной симметрией. Идеальная сфера обладает превосходной вращательной симметрией, так как вне зависимости от того, как вы смотрите на нее или вращаете ее вокруг оси, она выглядит одинаково. Когда атом кислорода соединяется с двумя атомами водорода, образуя молекулу воды — H_2O, — эта вращательная симметрия исчезает, потому что молекулы воды имеют определенную форму:

ВНИЗУ: Примерно 70 процентов поверхности Земли покрыто водой. На гейзерах Эль-Татио вы можете увидеть воду во всех трех ее фазах. Ступая по лужам, я держал лист стекла в пару гейзера и наблюдал, как на нем формируются кристаллы льда.



Вселенная трансформировалась точно так же, как пар становится льдом: от хаоса к порядку. Это была трансформация, в которой структура и содержание всех частиц материи возникли впервые.

угол 105 градусов между атомами водорода и кислорода. Физик скажет, что симметрия теперь нарушена, потому что молекула воды имеет четкую ориентацию. Мы можем нарушить симметрию воды еще сильнее, охладив все молекулы, пока они не слипнутся и не превратятся в лед. Теперь кристаллы льда прекрасны и почти невозможно сложны. Их структура невообразимой сложности полностью скрывает совершенную симметрию исходных атомов, а также простую, но различимую симметрию самих молекул воды.

Важным моментом здесь является то, что все эти сложности возникли, когда первоначальная природная симметрия атомов была нарушена, но мы не сделали ничего, чтобы нарушить симметрию молекул воды, — только охладили ее. И несмотря на то, что она выглядит точно так, как если бы гениальный скульптор сел и выточил во льду красивые узоры, и сложность, и красота возникли совершенно спонтанно из «строительных блоков», которые сами по себе совершенно симметричны.

Физики называют этот процесс спонтанным нарушением симметрии, и именно эта идея лежит в основе нашего понимания ранней Вселенной. ◉

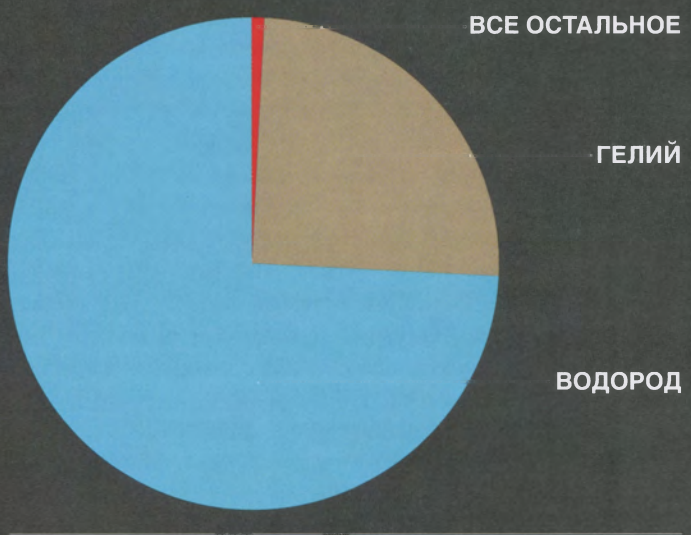
БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ

Тринадцать миллиардов лет назад Вселенная началась с события под названием Большой Взрыв. Мы не знаем, почему. Мы также не знаем, почему она имела такую исходную форму. Первый этап, выражаясь околонаучным языком, известен как эпоха Планка – период, который длился 10^{-43} умопомрачительных долей секунды после Большого Взрыва. При записи в полном объеме это число представляет собой 42 знака после запятой: 0,0000000000000000000000000000000000000001 секунды. Это не очень много времени. Это число очень легко постигнуть, потому что оно связано с силой тяжести. Оно, в конечном счете, настолько невероятно крошечное, потому что гравитация так слаба, – и причину этого мы тоже не знаем! В это время четыре известных нам фундаментальные силы природы – гравитация, сильная и слабая ядерные силы и электромагнетизм – слились в одну силу, так называемую «суперсилу». Независимо друг от друга на этом этапе существовали только энергия и суперсила. Это то, что физик назвал бы очень симметричной ситуацией.

Поскольку Вселенная быстро расширялась и охлаждалась, она претерпела серию событий, нарушивших симметрию. Во-первых, в конце эпохи Планка сила тяжести отделилась от других сил природы: так была нарушена идеальная симметрия. Примерно через 10^{-36} секунды после Большого Взрыва, произошло другое событие, нарушившее симметрию и ознаменовавшее конец эпохи Великого Объединения. Этот период характеризовался тем, что сильная ядерная сила, сталкивающая кварки внутри протонов и нейтронов, отделилась от других сил. В этот момент Вселенная подверглась неумолимому, стремительному расширению – произошла инфляция. Вселенная расширилась в 10^{26} раз (то есть 100 миллионов миллионов миллионов миллионов раз) в невообразимо малый промежуток времени – за 10^{-32} секунды. Тогда впервые во Вселенной появились субатомные частицы, но они были не совсем такими, какие мы их видим сегодня, потому что ни одна из них вообще не имела массы.

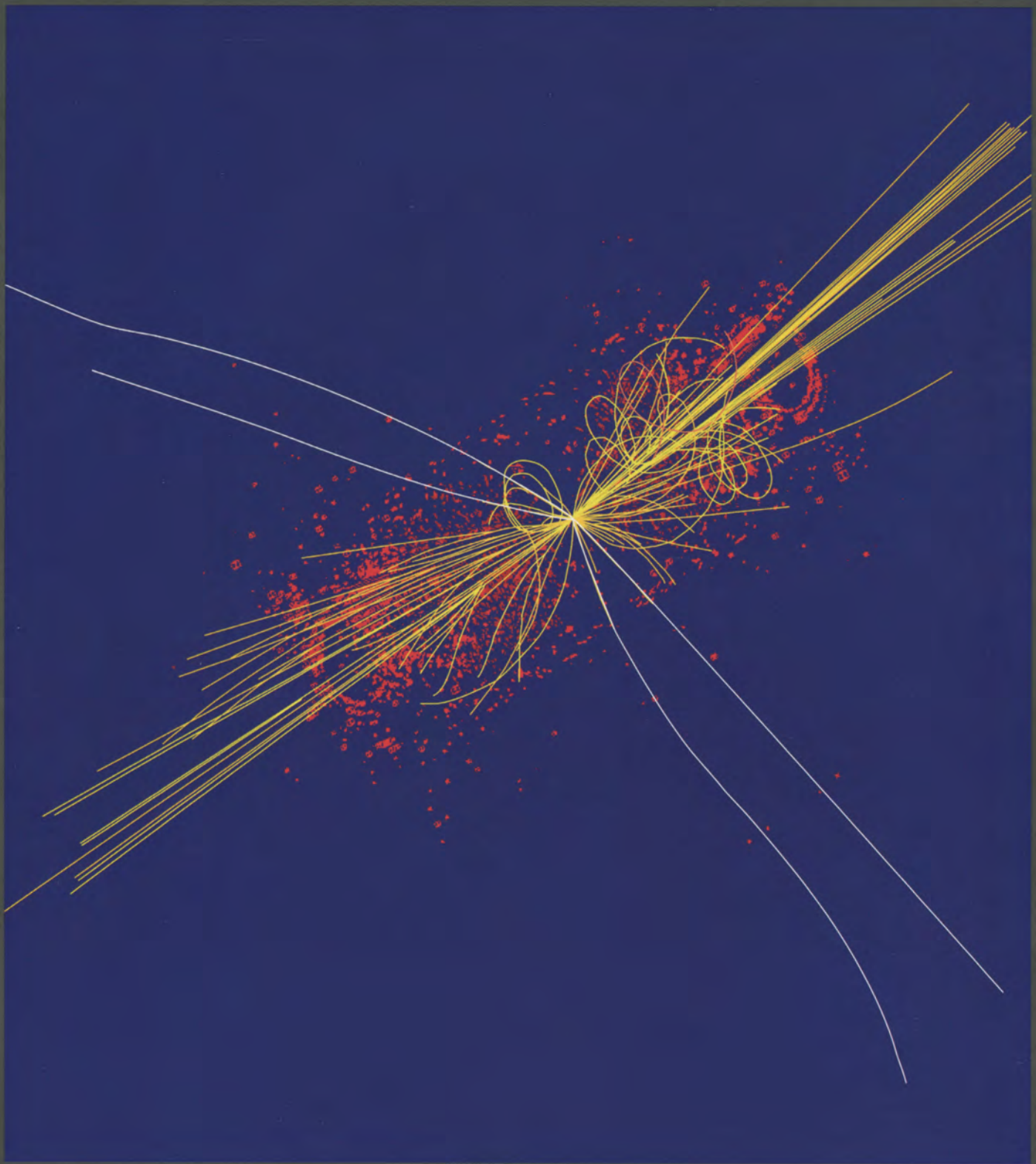
До сих пор эта история теоретически хорошо мотивирована, но экспериментально пока не проверена. Однако следующее большое событие, нарушившее симметрию, произошло через 10^{-11} секунды после Большого Взрыва – абсолютно в пределах нашей досягаемости, потому что эту эру мы воссоздали и наблюдали в Большом адронном коллайдере в ЦЕРНе. Оно называется нарушением электрослабой симметрии. В этот момент разделяются еще две силы природы: электромагнетизм и слабая ядерная сила. Во время этого процесса все наблюдаемые нами сегодня субатомные «строительные блоки» (кварки и электроны) приобрели массу. Наиболее популярная теория этого процесса известна как механизм Хиггса, и поиск связей частиц Хиггса – одна из основных задач Большого адронного коллайдера.

Нам остался лишь один, последний шаг, необходимый для того, чтобы прийти к протонам и нейтронам – строительным блокам элементов – и самым первым элементам. Это началось примерно через миллионную долю секунды после Большого Взрыва, когда кварки остыли достаточно, чтобы склеиться сильным ядерным взаимодействием и сформировать протоны и нейтроны. Простейший элемент – водород – состоит из одного протона. Поэтому первый химический элемент появился через миллионную долю секунды жизни Вселенной. Через три минуты Вселенная была достаточно холодной, чтобы сами протоны и нейтроны склеились между собой и образовали гелий. Существовало также совсем небольшое количество лития с тремя протонами и бериллия с четырьмя протонами – третьего и четвертого простейших элементов. И этого было достаточно, чтобы процесс остановился. Через три минуты у Вселенной было четыре отдельных известных нам сегодня силы: гравитация, сильная и слабая ядерные силы и электромагнетизм, а состояла она примерно на 75 процентов из водорода и на 25 процентов из гелия. ◉



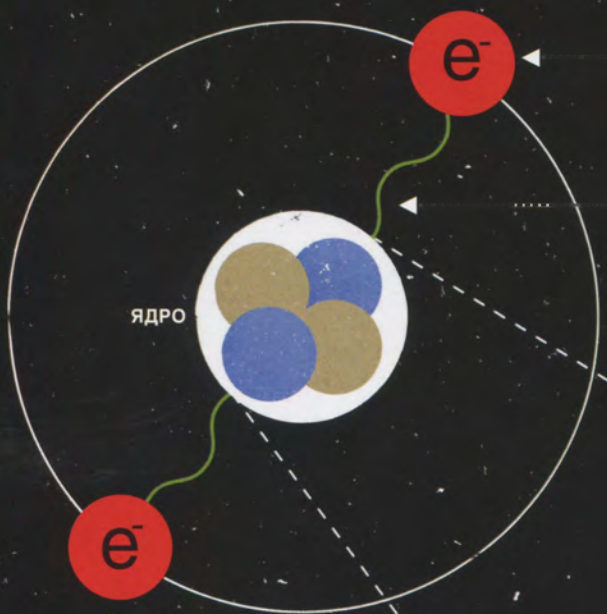
СЛЕВА: Тщательное научное исследование приводит нас к выводу, что строительные блоки нашей Вселенной имеют в своей основе водород и гелий.

ВНИЗУ: Смоделированное на компьютере событие – распад бозона Хиггса, породивший четыре мюона (белые полосы). На этом изображении бозон Хиггса виден так же, как его можно увидеть в детекторе CMS Большого адронного коллайдера в ЦЕРНе.



СУБАТОМНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Наше понимание структуры материи изменилось в прошлом веке. Сначала атомы считались основными строительными блоками жизни Вселенной, но знаменитый дифракционный эксперимент Резерфорда доказал, что материя состояла в основном из пространства, при этом каждый атом содержал очень маленькое плотное ядро, окруженное облаком электронов. Дальнейшие исследования показали, что каждое ядро состоит из протонов и нейтронов и что каждый протон состоит из верхних и нижних кварков. Сейчас мы достигли понимания того, что считается мельчайшими возможными частицами. Ученые уже обнаружили, что вся материя состоит из 9 частиц и 4 сил, плюс гипотетический бозон Хиггса. При поиске основных строительных блоков материи использовалась материя коллайдера, которая может производить очень большую энергию, необходимую для воссоздания температуры ранней Вселенной, когда появились эти субатомные частицы.



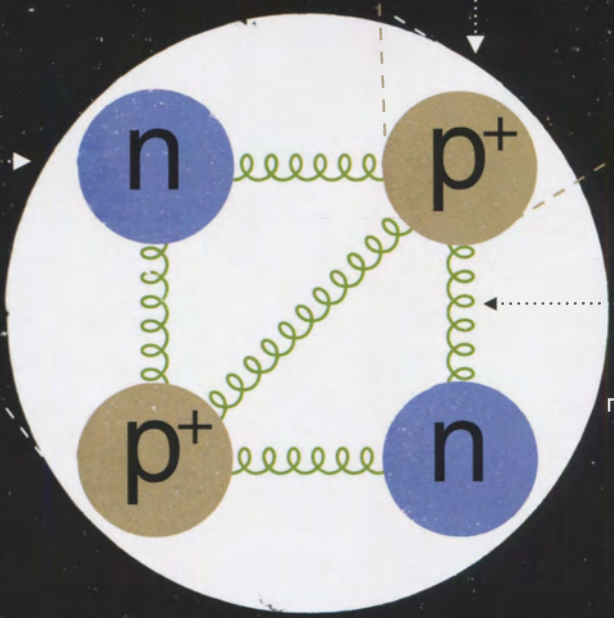
АТОМ

Электроны связаны с ядром электромагнитной силой, переносимой фотонами

Ядро 1мм

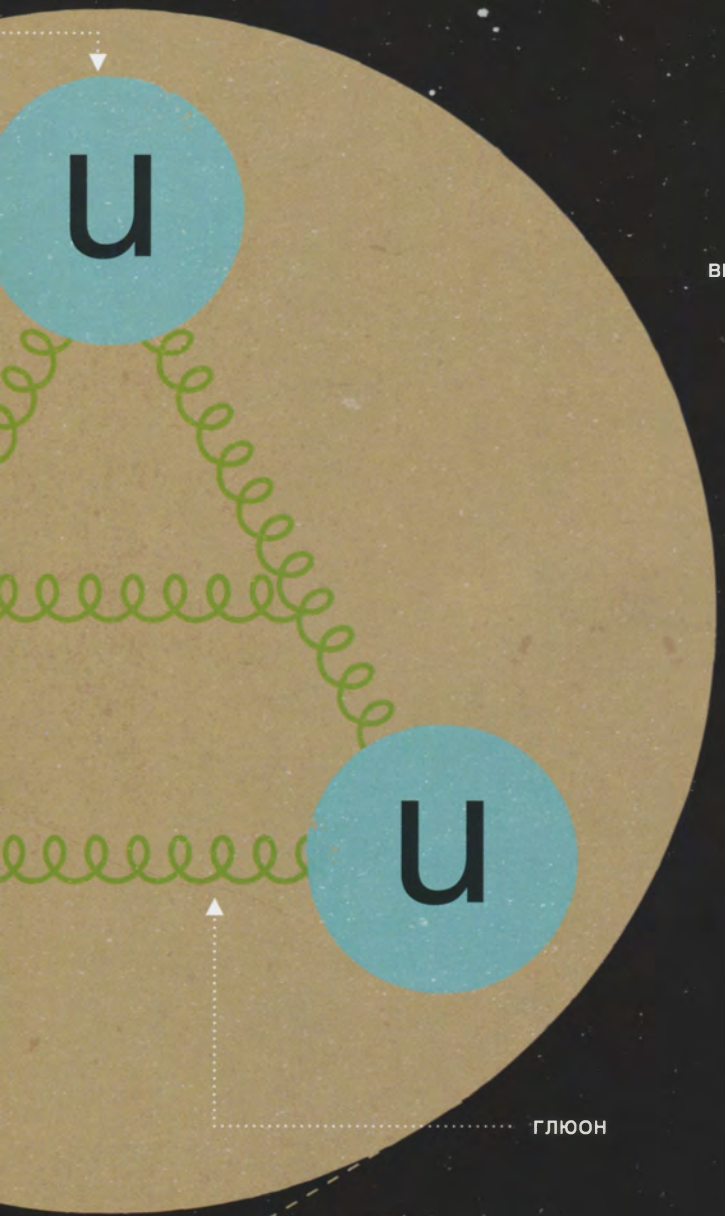
ЭМПАЙР СТЕЙТ БИЛДИНГ (381 метр) – самое высокое здание в Америке

АТОМ



ЯДРО

Фотоны и нейтроны связаны вместе в ядре мощной силой, опосредованной глюонами



ПРОТОН

Протон состоит из двух «верхних» и одного «нижнего» кварка. Они связаны вместе внутри протона мощной силой, опосредованной глюонами

СТАНДАРТНАЯ МОДЕЛЬ СОСТАВА ЧАСТИЦЫ

МАССА	2.4 MeV	1.27 Gev	171.2 Gev	0
ЗАРЯД	2/3	2/3	2/3	0
ВРАЩЕНИЕ	1/2	1/2	1/2	1
ИМЯ	u U-кварк	c C-кварк	t T-кварк	γ Фотон
КВАРКИ	4.8 MeV	1.04 MeV	4.2 GeV	0
	-1/3	-1/3	-1/3	0
	1/2	1/2	1/2	1
	d D-кварк	s S-кварк	b B-кварк	g Глюон
	< 2.2 eV	< 0.17 MeV	< 15.5 MeV	91.2 GeV
	0	0	0	0
	1/2	1/2	1/2	1
	ν_e Электрон нейтрино	ν_μ Мюон нейтрино	ν_τ Тау нейтрино	Z^0 Слабая сила
ЛЕПТОНЫ	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV
	-1	-1	-1	±1
	1/2	1/2	1/2	1
	e Электрон	μ Мюон	τ Тау	$W^\pm$ Слабая сила

БОЗОНЫ (СИЛЫ)

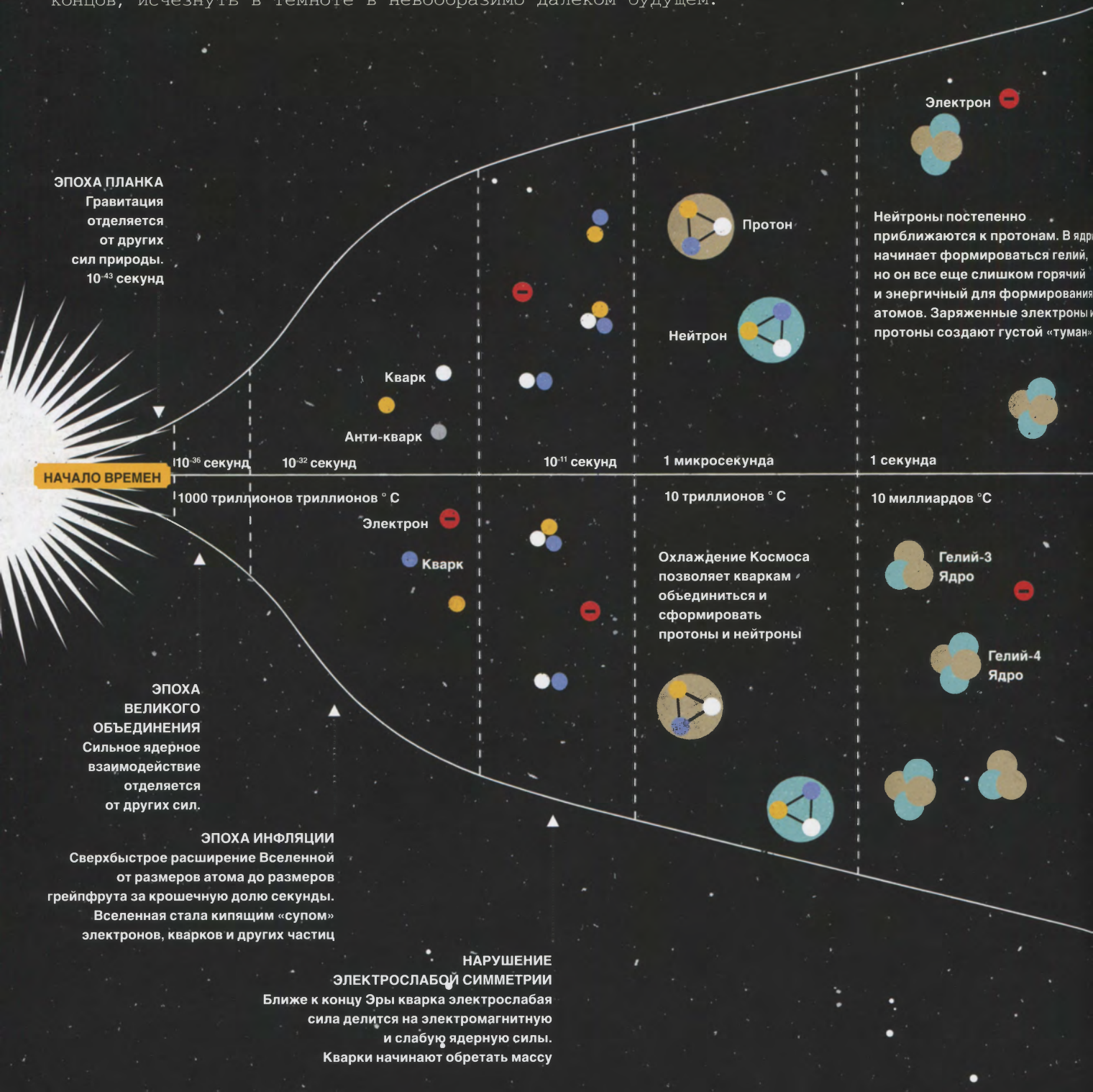
H БОЗОН ХИГГСА

СЛАБЫЕ СИЛЫ

Слабая сила преобразует протоны в нейтроны – первый шаг в процессе ядерного синтеза на Солнце

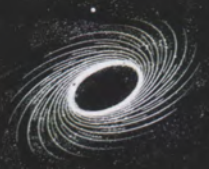
ХРОНОЛОГИЯ ЖИЗНИ ВСЕЛЕННОЙ: ОТ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА ДО НАШИХ ДНЕЙ

Историю Вселенной можно разделить на несколько этапов, в зависимости от соответствующих каждому из них физических условий. Все произошло очень быстро, в первые доли секунды, когда Вселенная была заполнена интенсивно кипящим «супом» энергии и экзотических частиц. Так возникли первые протоны и нейтроны, которые впоследствии сформировали ядра первых атомов - в основном водорода и гелия. После выброса космического микроволнового фона, примерно через 400 тысяч лет после Большого Взрыва, ход событий стал менее стремительным. Согласно современным представлениям, Вселенная будет расширяться вечно, чтобы, в конце концов, исчезнуть в темноте в невообразимо далеком будущем.



ПОНИЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Гравитация заставляет сливаться водород и гелий, формируя гигантское облако, которое позже станет галактикой. Меньшие скопления газа разрушаются, формируя первые звезды



400 000 лет

2 700 °C

1 миллиард лет

-200 °C

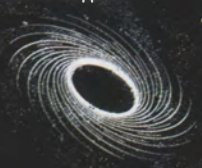
13.7 миллиардов лет

НАШИ ДНИ

-270 °C

Электроны комбинируются с протонами и нейтронами, формируя атомы, в основном водорода и гелия. Начинает сиять свет

Кластеры галактик объединяются под действием силы тяжести. Первые звезды умирают и выбрасывают тяжелые элементы в Космос. Они-то, в конечном итоге, и образуют новые звезды и планеты.



РАСШИРЕНИЕ КОСМОСА

В основе науки лежит тайна, для которой пока еще у нас нет объяснения: почему Вселенная столь проста? В основе всех удивительных сложностей, как представляется, лежит великолепная простота, и нигде эта простота не бывает столь очевидной, как в структуре элементов.

СЛЕВА: Строительство всех химических элементов во Вселенной можно проиллюстрировать самой простой демонстрацией — так просто, словно это детская игра. Чтобы понять, как появилась структура, вам понадобится только банка с мыльными пузырями. Выдуйте один пузырь, и вы вернетесь в начало времен, когда во Вселенной существовал только один протон.

МАТЕРИЯ В ЦИФРАХ

На протяжении всей человеческой истории обнаружение и использование конкретных химических элементов было неразрывно связано с развитием цивилизации. Считается, что медь была впервые добыта и освоена человеком 11 000 лет назад, и особенности этого металла открыли новую эру высоких технологий и переход от каменных орудий труда и оружия к металлическим. Четыре тысячи лет спустя это случилось снова, когда было открыто железо. Оно даже сегодня, если его смешать с углеродом, образует сплав, который стал экзоскелетом индустриальной цивилизации. Имя этому сплаву — сталь.

Медь почти наверняка была первым металлом, которым пользовались люди. Железо, как это ни удивительно, — самый распространенный элемент на Земле, и четвертый по степени распространенности элемент в породах земной коры.

Эти два металла оказали серьезное влияние на человеческую историю и расположены на расстоянии лишь пары клеток друг от друга в периодической таблице Менделеева. Железо (Fe) — элемент под номером 26, а медь (Cu) — под номером 29. Первые люди, которые использовали эти металлы, конечно, не имели ни малейшего представления о причине физического сходства и различия между этими двумя элементами. Так в чем же принципиальная разница между ними? Ответ на удивление прост.

ШЕСТЬ САМЫХ ЛЕГКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИРОДЕ: ОТ ВОДОРОДА ДО УГЛЕРОДА
В каждом элементе число протонов (p) в его ядре равно числу орбитальных электронов, но число нейтронов (n), которые не имеют электрического заряда, может меняться.

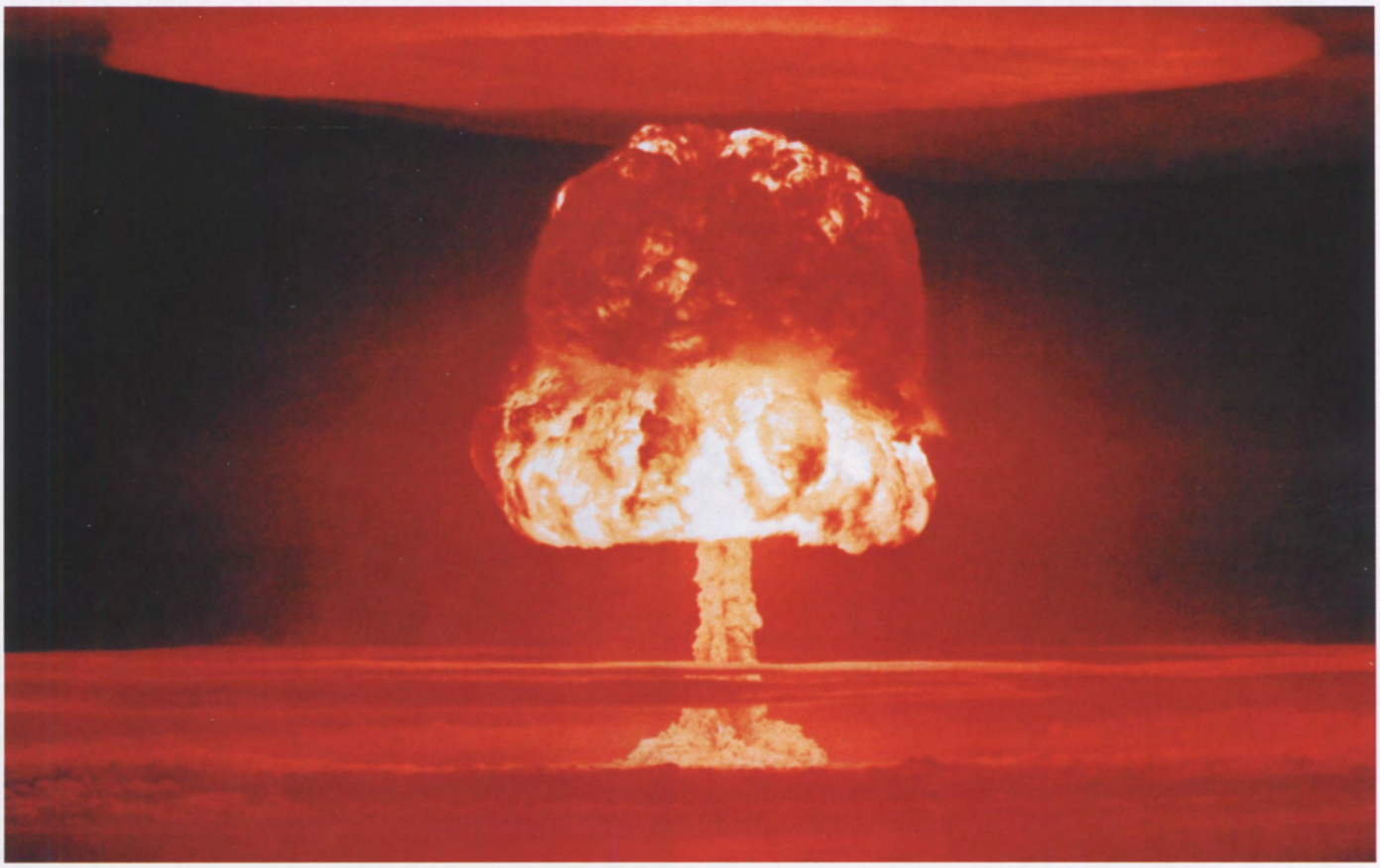
Мы уже сталкивались с первыми четырьмя элементами, один из которых — водород — имеет атомное ядро, состоящее из одного протона. Протон положительно заряжен, что позволяет ему «ловить» электрон и притягивать его на свою орбиту для формирования атома водорода. Электрон несет отрицательный электрический заряд, равный и противоположный протону. Это означает, что атомы водорода электрически нейтральны. Причина, по которой электрон имеет в точности равный и противоположный протону заряд, неизвестна. Это тем более удивительно, если внимательно рассмотреть кварки, из которых строится протон. Протон состоит из трех кварков — двух верхних и одного нижнего. Верхний кварк обладает электрическим зарядом плюс 2/3, а нижний — минус 1/3. Электрон обладает зарядом минус 1. Так что все сбалансируется должным образом только тогда, когда они объединятся в атом. Нейтрон состоит из двух нижних кварков и одного верхнего, а это означает, что он совсем не имеет электрического заряда. Это не может быть совпадением, и это одна из самых больших загадок физики XXI века.

Химические элементы различаются количеством протонов в атомном ядре, но число нейтронов не имеет никакого значения для химических свойств вещества. Они зависят от поведения электронов на орбите вокруг ядра и количества электронов, равного числу протонов. Как известно, атом водорода состоит из одного протона и одного электрона, но существует и другая форма атома водорода — дейтерий, — который обладает одним нейтроном и одним протоном внутри его ядра. Но это не меняет химических свойств элемента, так как вокруг его ядра вращается по-прежнему только один электрон. С технической точки зрения, дейтерий и водород — два разных изотопа одного и того же элемента. Общее правило гласит, что каждый последующий элемент имеет еще один протон в ядре, и, по крайней мере, еще один нейтрон, хотя число нейтронов может быть разным. Нейтроны помогают ядрам держаться вместе. Ядра крепко связывает сильное ядерное взаимодействие, к которому добавляется действие нейтронов, хотя они и не имеют электрического заряда. Электрический заряд создает проблему внутри ядра, потому что протоны заряжены положительно. Они отталкиваются друг от друга и пытаются оторвать ядра или разбить их друг об друга. Нейтроны не страдают от этой проблемы, которая является одной из причин, почему более тяжелые ядра, как правило, имеют больше нейтронов, чем протонов.

Так что строительство химических элементов — дело довольно простое. Если вы хотите превратить железо в медь, добавьте три протона и несколько нейтронов в ядро атома. Вот и все, что нужно сделать. Это, конечно, легче сказать, чем сделать, но природа может сделать это, потому что, когда возраст Вселенной составлял лишь несколько минут, первых четырех химических элементов еще не существовало. Строительные блоки существовали, но более тяжелые элементы были «собраны» позже.

САМЫЙ МОЩНЫЙ ВЗРЫВ НА ЗЕМЛЕ

ВНИЗУ: Это фотография взрыва водородной бомбы. Этот «гриб» появился в результате взрыва «XX-33 Ромео» 26 марта 1954 года. Это был третье по мощности испытание водородной бомбы, произведенное США.



Задолго до осуществления проекта «Манхэттен», когда было изготовлено самое разрушительное оружие, которое политики хотели бы использовать в самой яростной войне в истории, два величайших физика XX века уже утратили интерес к этой идее. Эдвард Теллер и Энрико Ферми были друзьями и коллегами, и они и дальше были бы членами команды «Манхэттена», но в 1941 году, до того, как была собрана хоть какая-нибудь ядерная бомба, их умы уже трудились не над изобретением бомб, которые позднее будут сброшены на Хиросиму и Нагасаки, разрушивших их до основания и загубивших тысячи жизней.

Бомбы, сброшенные на Хиросиму и Нагасаки, были бомбами, созданными на основе энергии распада атомного ядра. Они высвобождают энергию расщепления ядер очень тяжелых элементов (урана – в Хиросиме и плутония – в Нагасаки) в ядра более легких элементов: стронция и цезия. Это своеобразная «сборка» элементов, только в обратном направлении. Каждый раз, когда ядро урана или плутония расщепляется, выпускаются нейтроны, которые вызывают расщепление других ядер. Так развивается ядерная цепная реакция. Каждый раз, когда тяжелое ядро распадается, освобождается большое количество энергии – эта «ядерная энергия» хранится в сильном ядерном силовом поле, которое удерживается объединенными протонами и нейтронами внутри ядра.

Однако уже на самых ранних стадиях проекта «Манхэттен», за многие годы до того, как идея создания «бомбы распада» стала физически реальна, Энрико Ферми предположил, что существует вполне реальная возможность создания бомбы гораздо более мощного типа. Эдвард Теллер проникся идеей своего друга и провел следующее десятилетие за проектированием и конструированием устройства, которое позволило бы совершить самые мощные взрывы на Земле. Благодаря этому Теллер получил титул «отца водородной бомбы».

1 ноября 1952 года были, наконец, реализованы плоды бесед Ферми с Теллером. «Иви Майк» – таково было кодовое имя, данное водородной бомбе, успешно прошедшей первое испытание на атолле Эниветок (Маршалловы острова) в Тихом океане. Взрыв оказался в 450 раз мощнее, чем взрыв бомбы, сброшенной на Нагасаки. Он создал огненный шар в пять километров (три мили) в диаметре и от него остался кратер в два кило-

метра (одну милю) в диаметре. Он фактически стер крошечный атолл с карты мира.

«Иви Майк» был первым испытанием бомбы, созданной на основе искусственной реакции ядерного синтеза. Ядерный синтез — это прямая противоположность распаду. Это процесс, при котором два атомных ядра сливаются воедино, производя более тяжелый элемент.

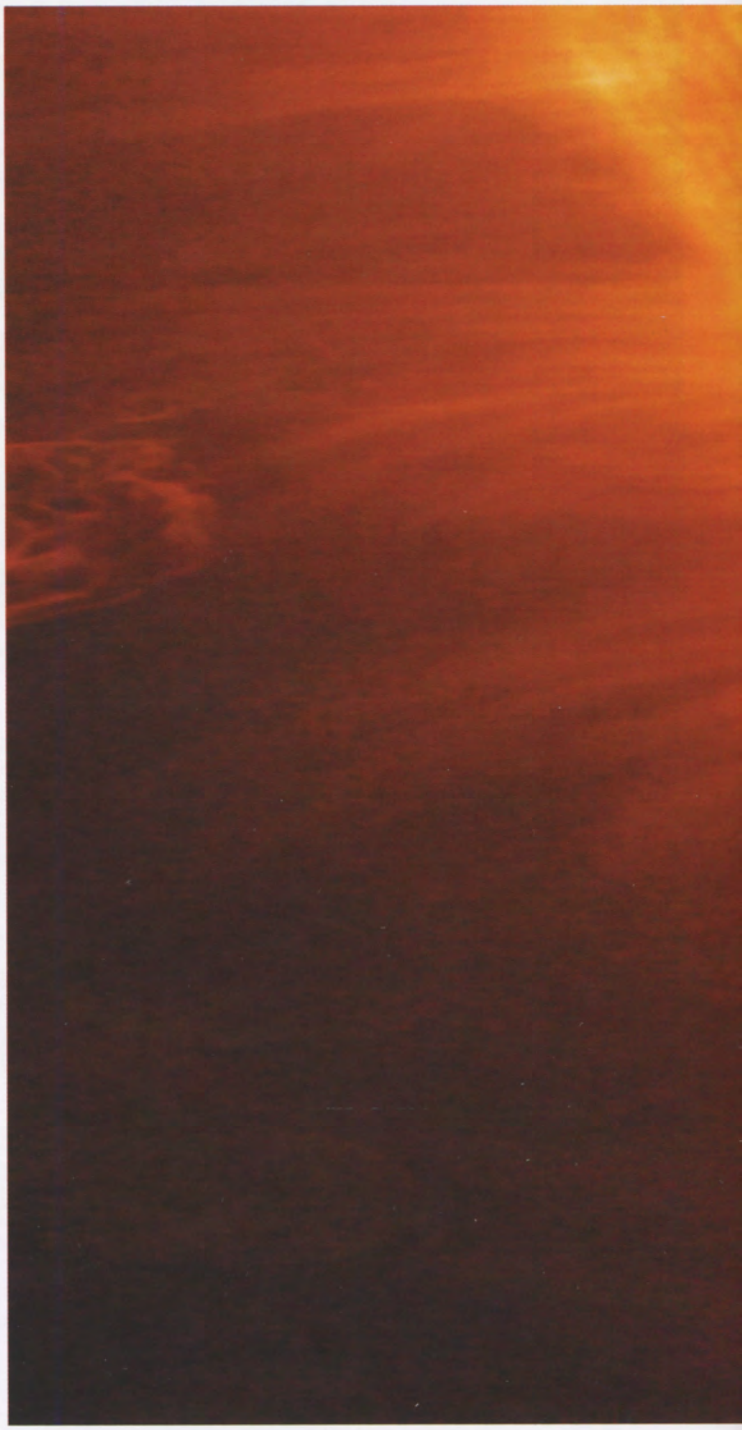
Вот два совершенно различных способа создания новых элементов и освобождения огромного количества энергии. Для того, чтобы получить энергию распада, необходимо взять тяжелые элементы и расщепить их ядра. Чтобы получить энергию синтеза, необходимо взять более легкие элементы и связать их ядра вместе. Все это, вплоть до тонкого баланса между электрическим отталкиванием протонов в ядре и мощной ядерной силой, которая связывает протоны и нейтроны вместе, существует в окружающей нас природе. Поскольку есть две конкурирующие силы, одна из которых пытается разорвать ядра на части, а другая — склеить их вместе, можно предположить, что должна быть какая-то точка баланса, идеальная смесь протонов и нейтронов, компенсирующая притяжение и отталкивание. Есть фактически два элемента, которые очень близки к оптимальной стабильности, — это железо и никель. Те элементы, которые легче этих, можно сделать более стабильными, высвобождая энергию в процессе слияния их ядер между собой. Те элементы, которые тяжелее этих, можно сделать более стабильными, разбивая их ядра на части и высвобождая энергию.

Посмотрите на чистое голубое небо, и вы искупаетесь в энергии ядерных взрывов невообразимых масштабов, непрерывно происходящих во Вселенной.

Здесь, на Земле ядерный синтез может показаться конечным технологическим достижением человечества, но на самом деле это самое естественное явление в мире. Оно происходило не только во время Большого Взрыва, оно может происходить во Вселенной и в тот момент, когда мы с вами беседуем. Именно он освещает всю Вселенную, и происходит это постоянно на расстоянии миллионов миль в Космосе над нашими головами.

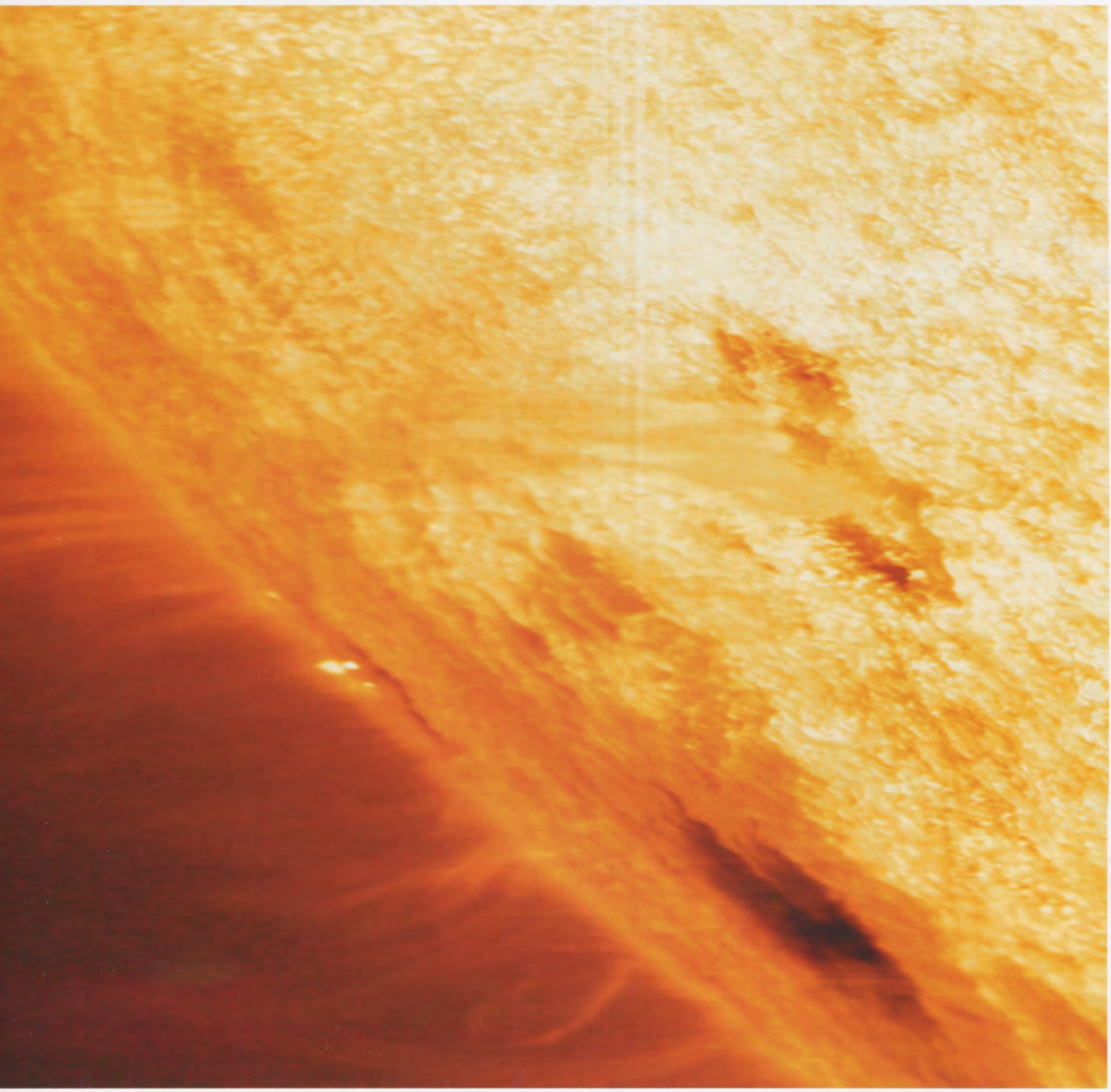
Глубоко в ядре Солнца, на 800 000 километров (500 000 миль) ниже его поверхности, температура достигает пятнадцати миллионов градусов по Цельсию. На Солнце происходит слияние ядер водорода в гелий, и происходит это с бешеной скоростью. Всего лишь за одну секунду Солнце преобразует в гелий 600 миллионов тонн водорода, высвобождая больше энергии, чем человеческая раса сможет использовать в ближайший миллион лет.

ВНИЗУ: Сияние Солнца — одно из наиболее естественных проявлений эффекта плавления. Солнце и все другие звезды в небе получают «питание» от слияния атомов водорода в гелий.



Это процесс превращения водорода в гелий создает энергию, позволяющую существовать всей жизни на Земле. Но, при всей своей власти, Солнце только преобразует водород — самый простой элемент — в гелий, следующий за ним простой элемент. Этот процесс мы можем наблюдать в ночном небе: каждая звезда во Вселенной начала свою жизнь, поглощая водород и питаясь от этой реакции.

Таким образом, хорошо изучена «сборка» второго простейшего элемента — гелия. Мы знаем, что это могут делать звезды, мы знаем, что это случилось в очень ранней Вселенной, и мы можем даже сделать это сами на Земле. Но это не поможет объяснить нам происхождение других девяноста двух естественных элементов. Очевидно, что где-то во Вселенной должен быть обильный источник других элементов, потому что они есть везде — вся наша планета состоит из них. Мы скроены из миллиардов и миллиардов атомов, из магния, цинка, железа и, конечно же, одного атома, от которого жизнь зависит больше, чем от любого другого, — углерода. Каждый человек на планете сделан примерно из миллиардов миллиардов миллиардов атомов углерода. Такого невообразимого количества атомов углерода просто не существовало в ранние моменты развития Вселенной. Откуда же они взялись? Ответ можно получить, исследуя ядерный синтез, и естественное место поиска находится в самих звездах. ◉



ОТ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА ДО СОЛНЕЧНОГО СВЕТА: ПЕРВЫЕ ЗВЕЗДЫ

Первые звезды образовались примерно через 100 миллионов лет после Большого Взрыва. Скорость, с которой они сжигали свое водородное топливо, существенно зависела от их массы. Чем массивнее звезда, тем ярче она светит и тем короче срок ее жизни. Ключ к пониманию того, как возникли более тяжелые элементы, заключается в том, что происходит со звездами, когда они исчерпывают свое водородное «топливо». Для самых массивных из известных нам звезд это может занять всего несколько миллионов лет. Для звезд, подобных нашему Солнцу, это может занять десять миллиардов лет. Но Вселенная существует уже достаточно долго для того, чтобы позволить жить и умирать поколениям звезд.

СПРАВА: Здесь хорошо видно, как ярко сияет в ночном небе созвездие Ориона.

КРАСНЫЙ ГИГАНТ

Когда звезда исчерпывает свой запас водорода, можно ожидать, что она будет медленно затухать вдали, но с такими звездами, как наше Солнце, все происходит иначе. В течение миллионов или миллиардов лет ядро звезды пульсировало, как бьющееся сердце. Постепенно звезда теряет свой водород и раздувается, потенциально превышая свой первоначальный размер в сотни раз. Такие звезды называют красными гигантами.

Один из ближайших к Земле красных гигантов — звезда Альфа Ориона — Бетельгейзе, девятая по яркости звезда в нашем ночном небе и один из наших ближайших соседей в Космосе. Она находится всего в 500-х световых годах от Земли. Бетельгейзе уже давно знакома звездочетам, она отличается своей яркостью и красноватым оттенком, который хорошо виден невооруженным глазом. Сэр Джон Гершель, активно изучавший эту звезду в XIX веке, записал разительные изменения ее яркости. Тем не менее, только тогда, когда три астронома из

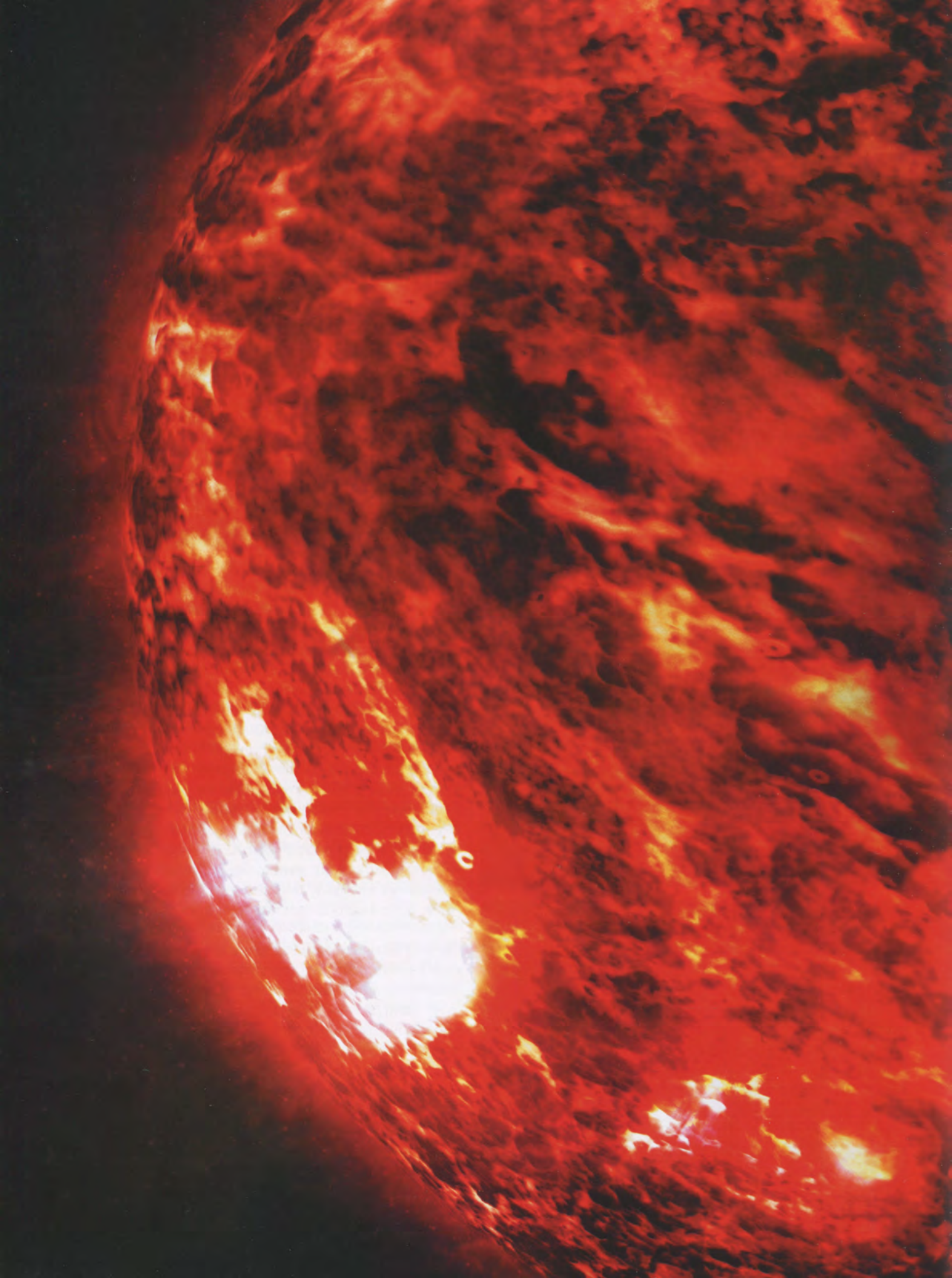
Бетельгейзе — это огромное эфирное чудо, способное заполнить собой почти всю нашу Солнечную систему.

обсерватории «Маунт-Вильсон» в Калифорнии попытались измерить ее диаметр, мы поняли, что это не обычная звезда. Альберт Майклсон, Фрэнсис Пиз и Джон Андерсон узнали о ее поистине фантастических размерах. Бетельгейзе — истинный гигант во всех смыслах. Ее масса примерно в двадцать раз превышает массу нашего Солнца, но ее размер производит ужасающее впечатление. Если вы поместите Бетельгейзе в центр нашей Солнечной системы, наше Солнце покажется карликом. Она вышла бы за орбиту Земли, охватывая все пространство Солнечной системы вплоть до Юпитера. Согласно текущим оценкам, ее диаметр составляет около 800 миллионов километров (500 миллионов миль). Это такое огромное эфирное чудо, способное заполнить собой почти всю нашу Солнечную систему.

Из-за ее огромного размера и относительной близости, мы можем изучать Бетельгейзе во всех деталях. Но чтобы понять, откуда во Вселенной появились тяжелые элементы мы должны совершить путешествие в глубь «умирающего сердца» Бетельгейзе. ◉

ВНИЗУ: Эти изображения Бетельгейзе сделаны на основе фотографий, снятых Очень Большим Телескопом (ОБТ) в Южно-Европейской обсерватории в Чили. Изображения шлейфов — это газ, вырывающийся с поверхности звезды в космическое пространство.

СПРАВА: Бетельгейзе — девятая по яркости звезда в нашей галактике и один из наших ближайших соседей. Ее видно с Земли невооруженным глазом — ее легко идентифицировать в ночном небе по ее яркости и красноватому оттенку.



СМЕРТЬ ЗВЕЗДЫ

Создавая телевизионный документальный фильм, мы всегда ищем визуальный способ рассказать сложную историю. Во время съемок «Чудес Вселенной» мы путешествовали по всему миру в поисках аналогий и фонов, но для меня самым успешным из всех было посещение заброшенный тюрьмы в центре Рио-де-Жанейро в Бразилии.

Само здание оказалось пустой оболочкой — кирпичный остов с выбитыми окнами. В общих камерах — двадцать или тридцать бетонных двухъярусных кроватей, составленных в тесные ряды. В каждой была одна крошечная ванная, в некоторых вход закрывали куски рваной ткани, предоставляющие заключенным «на словах» право на частную жизнь. Стены камер имеют гротескную расцветку лоскутного одеяла: они оклеены гламурными девушками вперемешку с футболистами. Все это производит тревожное впечатление, и тому есть разные причины. Во-первых, вы не можете не задаваться вопросом о заключенных там людях. Центр жаркого, влажного города, такого как Рио — не лучшее место, чтобы провести годы в клетке из стали и бетона. Вторая причина была менее рассудочной: тюрьма как будто начинена «живыми бомбами». Изнутри корпус был ярко окрашен, снаружи — он был будто сдавленным и светящимся, как поверхность звезды, так что невозможно было разглядеть его внутреннюю черноту. Свет не проникает внутрь: он остается снаружи, в городе. Я почувствовал аналогию, когда спустился через отверстие по осыпающимся, присыпанным цементной крошкой неустойчивым лестничным пролетам в плотное «сердце умирающей звезды». Именно здесь, под давлением насилия, в здании для осужденных, вдали от света поверхности были тщательно собраны вместе все элементы живого. Здесь звезда превращалась из потребителя материи в ее производителя.

Звезды существуют в состоянии напряженного равновесия. Гравитация сжимает их, нагревая, пока атомы водорода не преодолеют электромагнитное отталкивание между ними и не сольются вместе, создавая атомы гелия. При этом выделяется энергия, которая удерживает звезду в равновесии. Когда водород заканчивается, внешнее давление исчезает, центр тяжести пере-

СЛЕВА: Как и в умирающей звезде, структура здания и элементы, которые позволяют ему стоять, со временем изнашиваются. Этой тюрьме помогли разрушиться, но умирающая звезда взорвется сама, создавая по мере приближения к концу своей жизни эффектные планетарные туманности. Потребовалось несколько секунд, чтобы снести тюремный блок; столько же времени потребуется красному гиганту, чтобы разрушиться.

мещается вверх, и структура звезды резко меняется. Ядро быстро разрушается, сбрасывая оболочку из водорода и гелия. При сжимании ядра температура поднимается до 100 миллионов градусов по Цельсию, и вновь запускается процесс синтеза. При таких температурах ядра гелия могут преодолеть их взаимное электромагнитное отталкивание и блуждать достаточно близко друг к другу, чтобы расплавиться, тогда звезда начнет жечь гелий. Этот переход от водородного горения к гелиевому имеет два глубоких последствия. Во-первых, высвобождается достаточная энергия, чтобы остановить разрушение звезды, поэтому звезда стабилизируется и быстро раздувается. В этот момент начинается жизнь красного гиганта. Во-вторых, плавление существующих в ядре элементов имеет большое значение для жизни. На первый взгляд, слияние двух ядер гелия, каждое из которых состоит из двух протонов и двух нейтронов, должно произвести на свет изотоп бериллия-8, состоящий из четырех протонов и четырех нейтронов. Это нестабильный изотоп бериллия, который быстро распадается, но при достаточно высокой еще температуре умирающей звезды, когда она в ядре превышает 100 миллионов градусов по Кельвину, эти ядра живут достаточно долго, чтобы слиться с третьим ядром гелия, создавая драгоценный элемент — углерод-12. Вот так и появился весь углерод во Вселенной — каждый атом углерода в каждом живом существе на планете был произведен в сердце умирающей звезды.

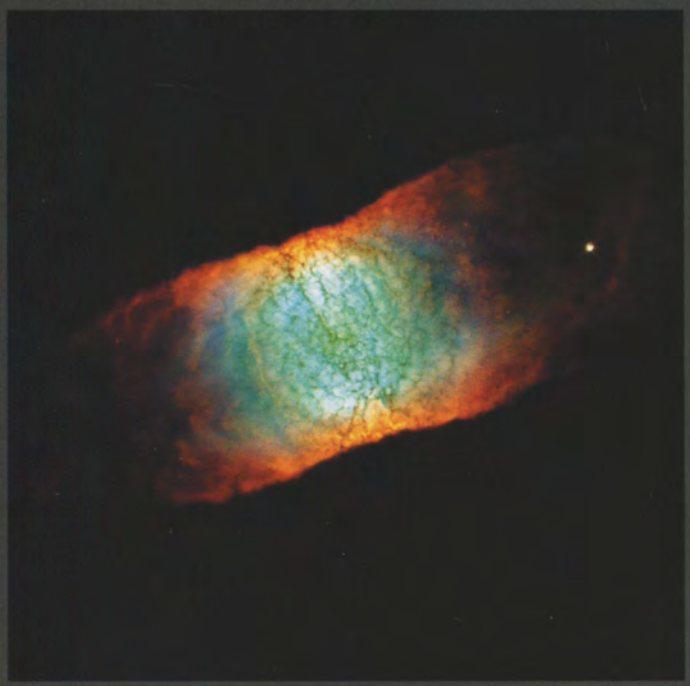
На фазе сжигания гелия не заканчивается «алхимический» синтез углерода, потому что в течение этой интенсивно горячей фазы в жизни звезды условия позволяют ядру гелия «запереться» в новоиспеченном ядре углерода и создать еще один жизненно важный элемент — кислород.

По сравнению с временем жизни звезды время работы этого звездного «конвейера», производящего углерод и кислород, не превышает мгновения. В течение приблизительно миллиона лет гелий, питающий ядро, будет израсходован, и для многих звезд на этом слияние атомов элементов остановится. Звезда становится все более нестабильной: огромная «точка» будет все больше расти под внутренним давлением, пока, в конце концов, вся звездная атмосфера не взорвется, выбрасывая драгоценный груз кислорода, углерода, водорода и прочих элементов в Космос.

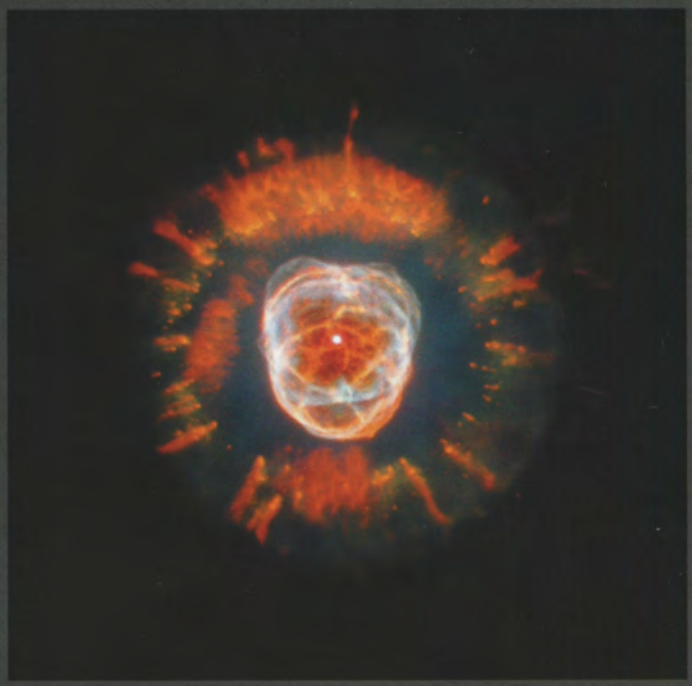
После того как это краткое космические световое шоу закончится, звезда среднего размера сожмется до объекта, не превышающего размерами Землю. Белый карлик — судьба таких звезд и миллиардов им подобных, но для массивных звезд, таких как Бетельгейзе, на этом дело не закончится. Если звезда имеет массу, вдвое превышающую массу нашего Солнца, она будет продолжать развивать «химическое производство», создавая атомы все более тяжелых элементов.

Первые двадцать пять элементов создаются внутри звезды, стремительный рост «линии производства» достигает блока двадцать шестого элемента — железа, — созданного из сложного каскада реакций синтеза, поддерживаемых кремнием. На этой стадии температура звезды составляет не менее 2 500 миллионов градусов по шкале Кельвина, но дальше идти некуда. Достигнут пик ядерной стабильности, и больше нет энергии, которая могла бы быть освобождена за счет добавления новых протонов или нейтронов к ядру атома железа. Заключительный этап производства железа длится всего пару дней, превращая «сердце» звезды в почти чистое железо, когда звезда бьется в отчаянной попытке освободить всю ядерную энергию «до последнего вздоха» и одолеть гравитацию. Здесь процесс слияния завершается; ядру звезды достаточно лишь однажды синтезировать железо, и ему останется жить всего несколько секунд. Силы гравитации теперь должны победить, и звезда разрушится под собственной тяжестью, формируя планетарную туманность. ◉

ПЛАНЕТАРНАЯ ТУМАННОСТЬ



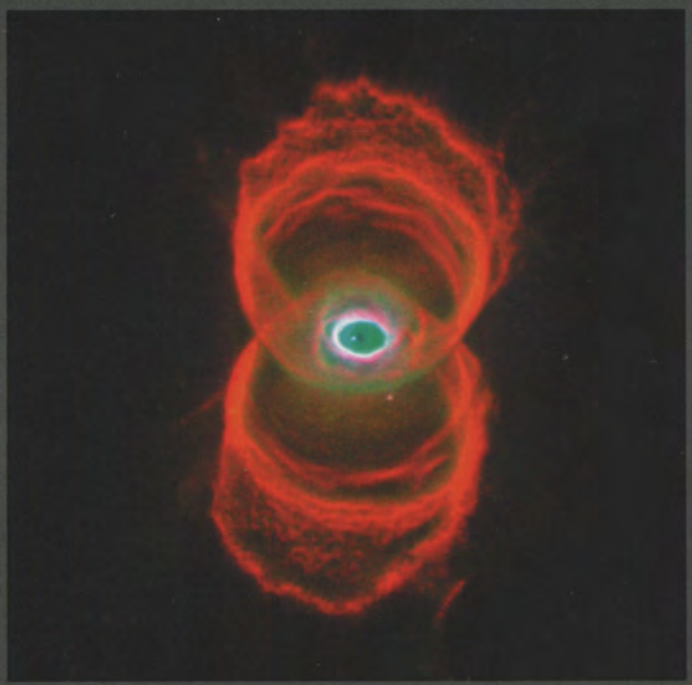
ВЫШЕ:
Эта умирающая звезда IC 4406, как и многие другие планетарные туманности, очень симметрична. Ее называют «Туманность-Сетчатка», потому что завитки пыли, которые она испускает, похожи на сетчатку глаза.



ВЫШЕ:
Туманность «Эскимос» так называется потому,что она похожа на голову человека, окруженную меховым капюшоном, когда смотришь на нее с Земли. Она была открыта в 1787 году астрономом Уильямом Гершелем.

НИЖЕ:
На расстоянии около 5 000 световых лет (4 700 триллионов километров или 2 900 триллионов миль) от Земли лежит туманность «Тухлое яйцо». На этом фото, сделанном космическим телескопом Хаббл, видно, как звезда выбрасывает материю.

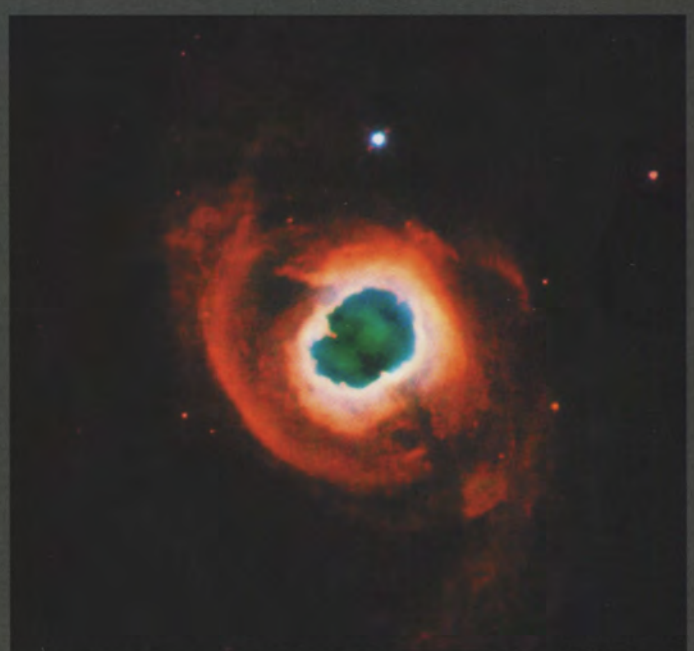
НИЖЕ:
Это композитное фото планетарной туманности «Улитка». Она напоминает пончик, если смотреть с Земли, но новые данные показывают, что «Улитка» на самом деле состоит из двух газообразных дисков.



ВЫШЕ:
MyCnl8 – это молодая планетарная туманность, открытая в начале XX века. На этой фотографии, сделанной телескопом Хаббл в январе 1996 года, видно, что туманность имеет форму песочных часов со сложной гравировкой.

НИЖЕ:
Туманность, метко названная «Кошачьим глазом» (официальное название – NGC 6543), была одной из первых обнаруженных астрономами планетарных туманностей (в 1786 году Уильямом Гершелем). Это одна из самых сложных туманностей, существующих в известной нам Вселенной.

ВЫШЕ:
Запечатленная 20 июля 1997 года, туманность Mz3 получила название «Муравей», потому что ее контур напоминает голову и грудь муравья, если смотреть через телескоп с Земли. При ближайшем изучении оказывается, что «тело муравья» состоит из двух огненных лепестков.



НИЖЕ:
Эта планетарная туманность, известная как «Когоутек 4-55» (или K 4-55), была названа так в честь чешского астронома Любоша Когоутека, которому принадлежит честь ее открытия. Она необычна по своей структуре, состоящей из множества оболочек.

РЕДЧАЙШИЕ

ВНИЗУ И СПРАВА: Здесь изображен один из центров американской золотой лихорадки — шахта 16-1. Это один из немногих золотых приисков, до сих пор действующих в штате Калифорния. Мы добывали золото там вместе с шахтерами, и это был весьма поучительный опыт. Когда я вгляделся в, казалось бы, обычные камни, я увидел отблески и проблески знакомой желтой окраски, которая свидетельствует о том, что эти драгоценные камни — носители скрытого груза золота.

Первые двадцать шесть элементов «выкованы» в горниле звездных ядер, и их распределение по Вселенной грозит звездам-созидателям неизбежной гибелью. Но как быть с остальными семьюдесятью двумя элементами? Некоторые из них имеют большое значение для жизни, а многие из них мы считаем особенно ценными. Если они не образуются в звездных печах, каким может быть их происхождение?

В отдаленных лесах на северо-западе Калифорнии горы все еще скрывают секрет, который каких-то сто лет назад сделал тихий сосновый лес конечным пунктом назначения для искателей счастья.

Шахтеры добывали золото в шахте 16-1 на протяжении почти 100 лет, и она по-прежнему остается одним из самых богатых месторождений золота в мире благодаря причудам местной геологии. Уникальная особенность Калифорнии заключается в том, что она расположена на разрыве между Североамериканской и Тихоокеанской тектоническими плитами. Весь регион представляет собой один огромный водораздел с тысячами небольших разломов, проходящих по ущельям гор. Когда вы спускаетесь в шахту, вы видите ряд горизонтальных тоннелей на выдолбленных в горах плавных спусках. Вы можете видеть эти линии разломов повсюду, их при-

сутствие заметно как видимые границы между породой и кварцем — целый лабиринт миниразломов. Сто сорок миллионов лет назад, в Юрский период, когда динозавры бегали над местом будущей шахты, кипящая вода текла через эту скалу, неся драгоценный груз. Она была нагружена золотом, поднятым из глубин Земли и перенесенным через кварцевый шов. Последние 100 лет всем шахтерам оставалось только следовать кварцевым пластам, пронизанным мерцающими золотыми жилами.

Золото, которое проходит через весь кварцевый слой в шахте 16-1, необычайной чистоты — до 80 процентов. Его толстые усики, извиваясь, поблескивают сквозь породу и мерцают знакомым желтым солнечным светом. Остальные примерно 14,5 процентов в этих породах составляет серебро со следами тяжелых металлов.

Хотя, если задуматься, есть нечто странное в том значении, которое мы придаем золоту. На протяжении всей своей истории люди шли на все, чтобы получить его в свои руки, что странно, потому что оно не особенно полезно для того, чтобы его можно было применить в практических целях. Медь и железо помогут вам выжить, но золото для этого практически бесполезно. Большая часть того золота, которое мы изо всех сил пытались добыть, в конце концов, стала ювелирными изделиями. Единственное, из-за чего золото так ценится, кроме его блеска, это его невероятная редкость, и именно это приводит к росту цены на него.

Все золото, выкопанное из земли за всю человеческую историю, заполнит примерно три бассейна олимпийских размеров. Именно дефицит практически исчезнувшего металла делает золото таким ценным для нас.

Именно этот дефицит практически исчезнувшего металла делает золото таким ценным, это просто один из многих редких элементов, которые можно найти лишь мельчайшими «следами» внутри Земли.

Во Вселенной есть более шестидесяти элементов тяжелее железа, некоторые из них ценны, такие как золото, серебро и платина, некоторые жизненно важны, такие как медь и цинк, а некоторые просто могут быть полезны, например, уран, олово и свинец. Массивные звезды могут производить очень небольшое количество тяжелых элементов, вплоть до висмута-209 (номер элемента 89) в своих ядрах, когда там происходит процесс захвата нейтрона, но этого совершенно недостаточно для объяснения того содержания этих элементов, которое мы наблюдаем сегодня. Во Вселенной просто не было достаточно массивных звезд.

Условия, необходимые для производства большого количества элементов тяжелее железа, могут сложиться только при самых редких небесных событиях. В галактике 100 миллиардов звезд, находящихся в достаточно жестких условиях, необходимых для формирования значительного количества этих элементов. И происходят такие события в среднем менее чем две минуты в течение каждого столетия. ◉

СВЕРХНОВАЯ: ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ЗВЕЗД

Все звезды рождаются из облаков газа, но продолжительность их жизни и их последующая судьба регулируются их массой (то есть количеством содержащегося в них газа). Звезды в десятки раз тяжелее Солнца живут всего несколько миллионов лет, прежде чем распухнуть в сверхгиганты и взорваться как сверхновые (верхний ряд). Однако такие звезды, как Солнце, живут дольше и умирают не так внезапно и жестоко, постоянно сияя в течение миллиардов лет, прежде чем распухнуть в красные гиганты и потерять свои внешние слои как планетарная туманность (средний ряд). Ядро звезды становится белым карликом, а затем продолжает светиться в течение еще миллиардов лет, прежде чем постепенно исчезнуть.

ТУМАННОСТЬ

Области плотных туманностей начинают сокращаться.
200 000 миллиардов км

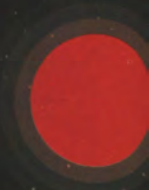
ПРОТОЗВЕЗДА

Гравитационный буксир ее разрушит, и температура в центре возрастет до 15 миллионов градусов по Фаренгейту.
100 миллионов км

ЗВЕЗДА ГЛАВНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Звезда излучает тепло и становится плотной в результате ядерного синтеза

ЗВЕЗДЫ, ПОДОБНЫЕ СОЛНЦУ



Звезда становится кр
карликом, когда начи
сгорать водородная о

МАССИВНАЯ ЗВЕЗДА КРАСНЫЙ СУПЕРГИГАНТ

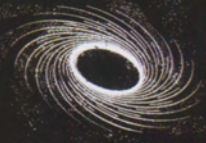
Супергигант становит
более красным, когда
начинает остывать

ЗВЕЗДА МАЛОЙ МАССЫ КРАСНЫЙ КАРЛИК

Сияет триллионы лет
и никогда не становит
красным гигантом

Внешние слои красного гиганта начинают формировать планетарные туманности

Если масса звезды составляет более 1,4 массы Солнца, она «рухнет» под воздействием гравитации и станет нейтронной звездой. Они очень плотные и компактные.
15 км



Если остаток превышает 3 массы Солнца, он разрушится и станет «черной дырой». Это области Космоса, в которых гравитация настолько сильна, что даже свет не может вырваться из них, окруженный закрученными дисками газа и пыли.
50 км

Звезда начинает разрушаться, когда израсходован водород.
10 000 км

Звезда разрушается после сжигания ее гелиевой оболочки, становясь белым карликом.
10 000 миллиардов км

В конечном счете и она исчезнет, став черным карликом.
10 000 км

Звезда взрывается и становится сверхновой, и ее внешние слои «сдуваются», создавая элементы, более тяжелые, чем железо.

Звезда становится очень плотной, с маленьким ядром. В конечном счете, она превратится в белого карлика.

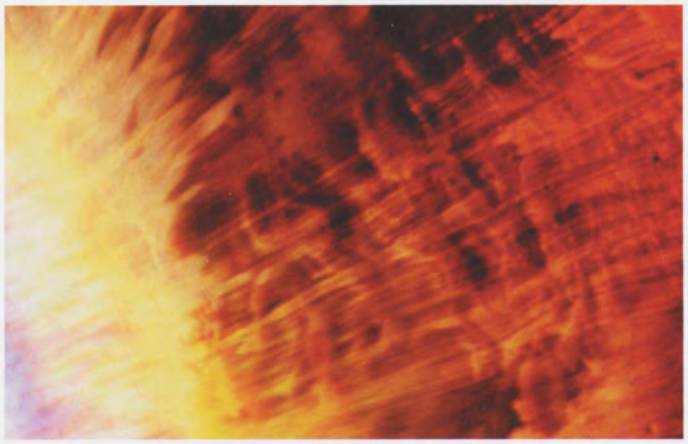
Ядро прекращает испускать свет

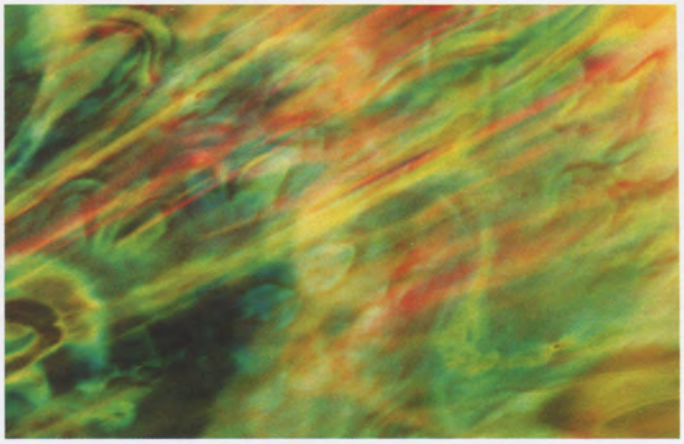
НАЧАЛО И КОНЕЦ

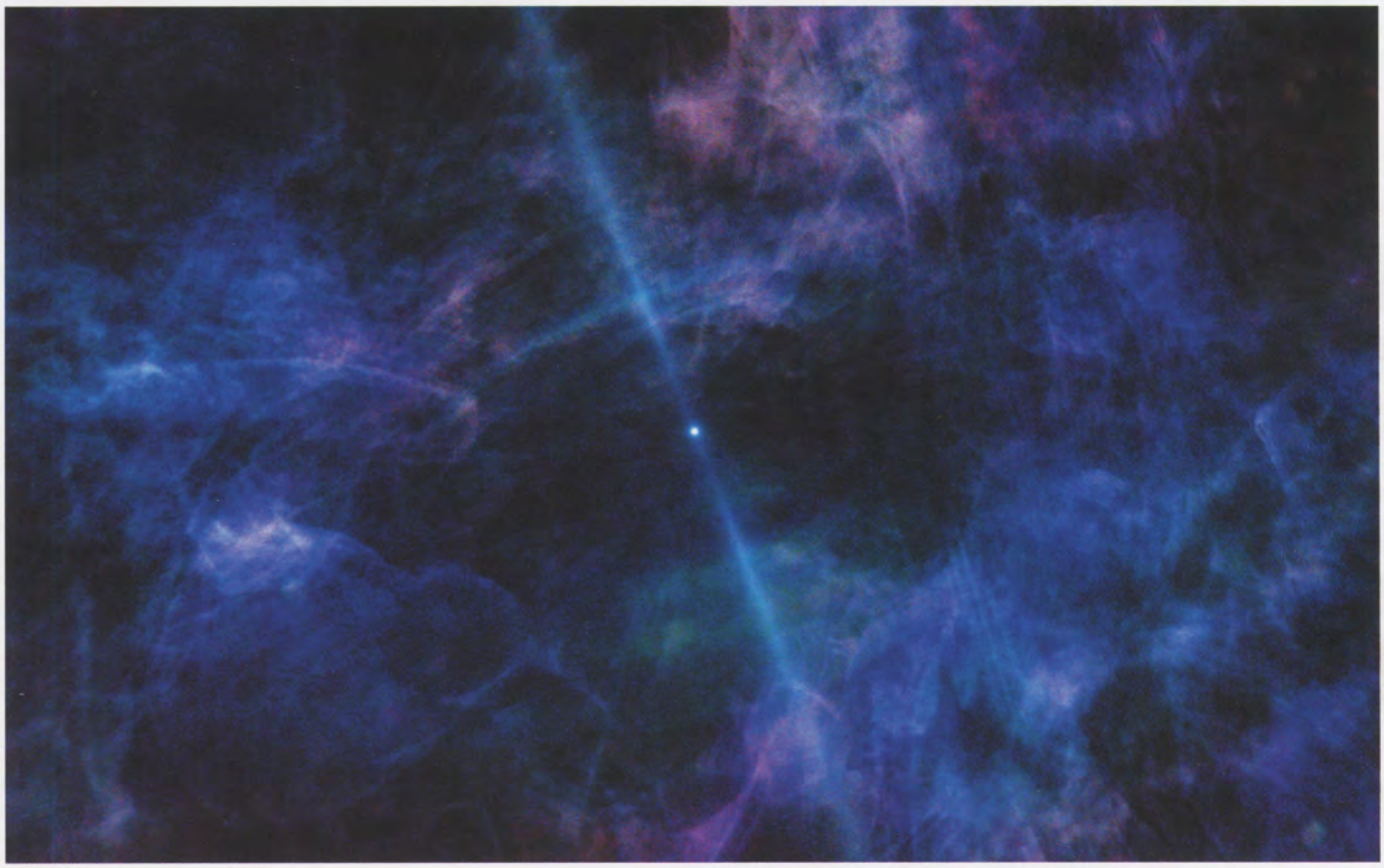
ВНИЗУ И СПРАВА: В этой компьютерной модели изображений последовательности звезд видно, что произойдет, когда Бетельгейзе станет сверхновой. Глубоко в «сердце» звезды ядро обрушится под действием гравитации, а затем взорвется с колоссальной силой. Испускаемая звездой взрывная волна генерирует максимальную температуру во Вселенной. За миллионы лет рассеянные элементы из взорвавшейся звезды станут туманностями, в центре которых — суперплотное ядро, такое как нейтронная звезда Бетельгейзе

После нескольких миллионов лет жизни судьбы крупнейших звезд в нашей Вселенной весьма драматичны. Истратив весь водород и выплавив все элементы вплоть до железа, гигантские звезды балансируют на грани разрушения. Но даже в этом полуразрушенном состоянии они испытывают последний акт насилия, и довольно мощный. Он обладает такой интенсивностью, что позволяет создать тяжелые элементы.

Если бы мы могли заглянуть глубоко в сердце одного из этих умирающих гигантов, мы бы, наконец, увидели, как ядро поддается гравитации. Когда слияние «со скрипом» останавливается, этот гигантский шар из железа обрушивается сам в себя с огромной противодействующей скоростью, имеющей значения до четверти скорости света. Такое резкое падение вызывает быстрое повышение температуры и плотности, когда ядро сокращается до крупицы от своего первоначального размера. Внутреннее ядро может, в конечном итоге, сжаться до 30 километров (19 миль) в диаметре. На данный момент, при температурах, близких к 100 миллиардам градусов Кельвина, и плотности, сопоставимой с внутренней плотностью атомного ядра, квантовая механика пытается резко остановить этот коллапс. К этому времени большая часть электронов и протонов в ядре были буквально вынуждены слиться в нейтроны. Нейтроны, вместе с протонами и электронами, повинуются так называемому принципу запрета Паули, который эффективно предотвращает их слишком тесное сближение. Иначе говоря, два нейтрона не могут находиться в одном месте в пределах одного кванта. Этот эффект делает шар нейтронов самым твердым материалом во Вселенной — в 100 миллионов мил-







лионов миллионов раз тверже, чем алмаз. Когда нейтроны больше не сжимаются, сокращения останавливаются, и вся перегретая разрушающаяся материя отскакивает от ядра с колоссальной силой. Ударная волна выбрасывается сквозь оболочку звезды, и, когда она наталкивается на внешние слои звезды, она генерирует во Вселенной высокие температуры — до 100 миллиардов градусов по Цельсию. Точный механизм этого быстрого нагрева до конца не изучен, но известно, что за считанные секунды условия становятся достаточно интенсивными, чтобы сформировать все тяжелые элементы, которые мы находим в нашей Вселенной, от золота до плутония. Это сверхновая II типа — самый мощный известный нам взрыв.

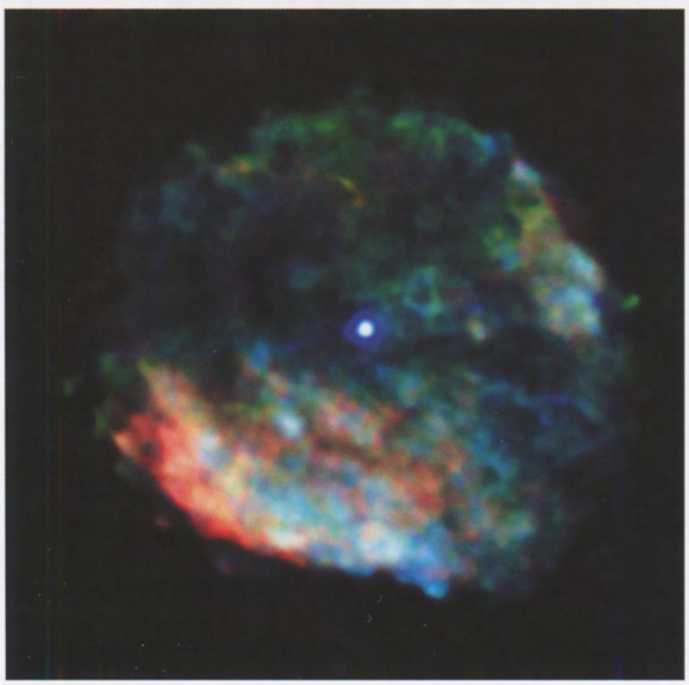
Сверхновые — настолько редкое явление, что с момента зарождения современной науки мы ни разу не имели возможности увидеть хотя бы одну. Последний взрыв сверхновой в нашей галактике, видимый с Земли, был в 1604 году, за несколько лет до изобретения астрономического телескопа. В среднем, как ожидалось, в галактике Млечный Путь может происходить примерно один взрыв сверхновой в столетие, но за последние 400 лет нам ни разу не повезло.

Один из основных кандидатов — сияющий в Орионе красный рубин Бетельгейзе. Составив диаграмму ее яркости, мы обнаружили, что она крайне неустойчива. Она померкла в течение прошлого десятилетия примерно на 15 процентов. Эта относительно молодая звезда (ее возраст, возможно, насчитывает всего лишь десять миллионов лет) так сильно ускорила свой жизненный цикл из-за того, что она очень массивна. Бетельгейзе находится всего в 500 световых годах от Земли, почти

СЛЕВА: В центре величественной туманности Ориона расположены гигантские молекулярные облака, которые представляют собой обширную область звездообразования на расстоянии около 1500 световых лет от нас. На этом инфракрасном снимке, сделанном космическим телескопом НАСА «Спитцер», виден свет новорожденных звезд в туманности Ориона. Туманность можно увидеть с Земли невооруженным глазом как неясную «звезду» в мече Ориона

ВНИЗУ: На этом компьютерном изображении видно, насколько ярким, по мнению ученых, будет небо, когда Бетельгейзе станет сверхновой: ее свет зальет все небо, которое будет светлым и днем, и ночью

НИЖЕ: Когда звезды превышают по массе Солнце в восемь раз, они заканчивают свою жизнь в захватывающем воображение взрыве. Внешние слои звезды мчатся в Космосе на скорости многих тысяч миль в час, оставляя за собой хвост газа и пыли. Где когда-то была звезда, часто встречается маленький плотный объект, называемый нейтронной звездой. Хотя она насчитывает лишь около 16 километров (10 миль) в поперечнике, плотно «упакованная» нейтронами, она содержит больше массы, чем все наше Солнце. Ярко-голубая точка в центре этого рентгеновского снимка звезды RCW 103, как полагают, показывает, что нейтронная звезда образовалась, когда звезда взорвалась как сверхновая 2000 лет назад



в опасной близости, а это значит, что взрыв будет невероятно ярким.

В одно мгновение Бетельгейзе выпустит больше энергии, чем наше Солнце произведет за всю свою жизнь. Когда взрыв разорвет Бетельгейзе на части, он выбросит в космическое пространство все элементы, которые она создала за всю свою жизнь.

В течение миллионов лет эти новоиспеченные элементы будут рассеиваться, чтобы стать туманностью — богатым химическими элементами облаком. Его основу составит суперплотное ядро нейтронов. Эта нейтронная звезда — конечная судьба Бетельгейзе: плотный, горячий шар материи, по массе сопоставимый с нашим Солнцем, но только 30 километров (19 миль) в поперечнике.

Вселенная может показаться вам космическим кладбищем, но в момент гибели старых звезд рождаются новые. Это тот же земной цикл смерти и перерождения, который разыгрывается в космическом масштабе. Сегодня мы видим, как красиво развивается этот цикл

Когда Бетельгейзе взорвется, она будет невероятно яркой. Это будет, безусловно, самая яркая звезда в небе, она даже сможет светить так же ярко, как полная луна, ночью и заполнит все небо, как второе солнце, днем.

в созвездии Ориона. В районе под названием Одноручный Меч лежит туманность Ориона. Для невооруженного глаза она выглядит как туманное пятно света в ночном небе, но в телескоп мы видим величественное чудо Вселенной. Скрытые в ее облаках яркие точки света — это новые звезды, образующие облака из элементов: они появляются во взрывах сверхновых. Их можно назвать новорожденными в процессе самоуничтожения старых звезд.

Мы появились во Вселенной благодаря именно такому циклу — наше Солнце было сформировано пять миллиардов лет назад именно так, в пределах звездной туманности. Вокруг звезды сконденсировались из пепла сеть планет, и среди них была Земля — планета, все многообразие ингредиентов которой возникло из туманности — облака элементов, образованного в момент смерти звезды, дрейфующей в Космосе.

Но это не совсем конец истории, потому что сейчас считается, что химические элементы сами по себе — не самые сложные наши фрагменты, собранные в глубинах Космоса. ◉

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ

ВНИЗУ: В нашей Солнечной системе есть тысячи астероидов, в основном, в пределах пояса астероидов, который сформировался 4 568 миллионов лет назад, и в среднем на Землю падает один метеорит раз в месяц. Тем не менее, каждый обнаруженный астероид имеет огромную важность независимо от его размера, так как эти фрагменты астероидов дают нам реальное представление о том, какой формы были «строительные блоки», сформировавшие жизнь

СПРАВА: Этот на первый взгляд обычной кусок скалы совсем не такой, каким он кажется на первый взгляд. Это фрагмент астероида, и он старше, чем какой-либо другой камень на Земле, — один из тысяч метеоритов, каждый год падающих на нашу планету

На первый взгляд, график справа, изображающий спектр света туманности Ориона (сделан с использованием телескопа из Космической обсерватории Гершеля), выглядит довольно скучным, но информация, содержащаяся в нем, на самом деле чрезвычайно увлекательна. Эта иллюстрация показывает, что туманность Ориона — не просто облако элементов: там, в глубине Космоса, происходят сложные химические процессы.

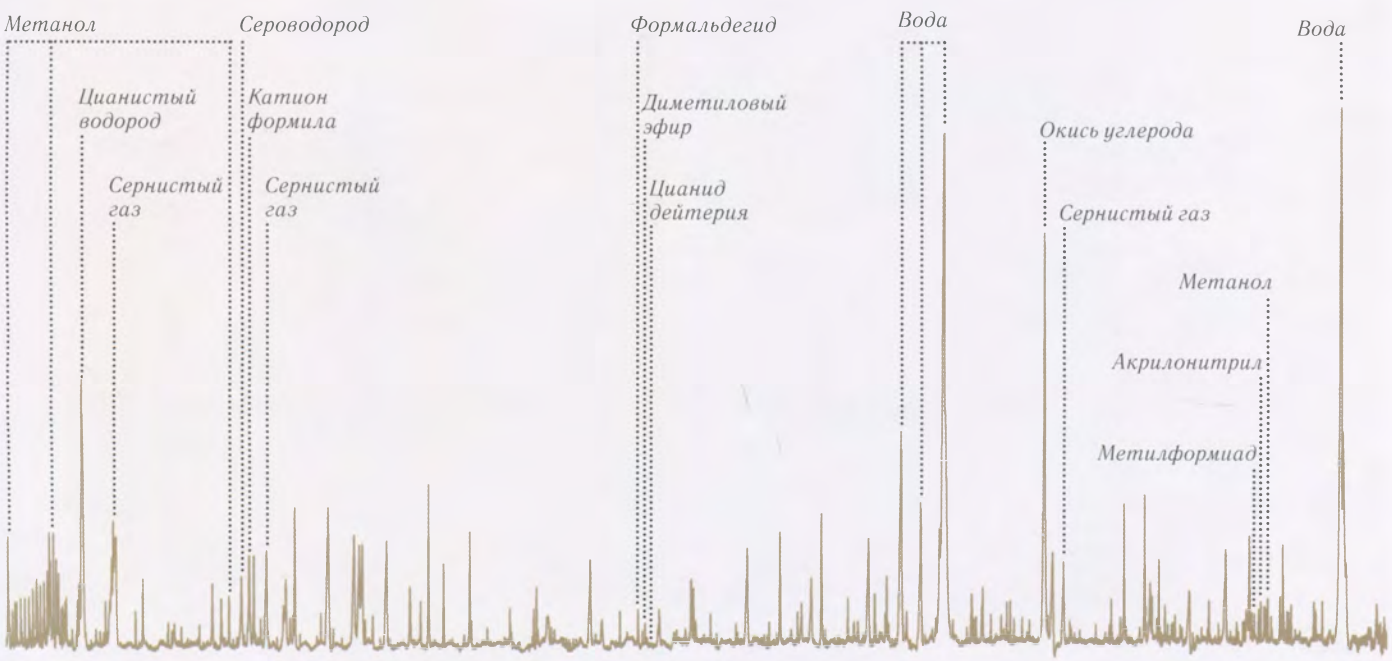
Так же, как черные линии в спектре Солнца, пики на графике соответствуют конкретным химическим элементам, но некоторые из этих пиков появляются от сложных молекул — в туманности есть вода и диоксид серы. Возможно, что более удивительно, там даже есть сложные соединения углерода — метанол, цианистый водород, формальдегид и диметиловый эфир. Это прямое доказательство того, что в глубоком Космосе происходят сложные химические процессы. Это чрезвычайно важно, потому что означает, что мы наблюдаем начало химии жизни в огромном облаке межзвездного газа.

Фундаментальные «строительные блоки» жизни, возможно, сформировались в глубинах Космоса и были доставлены на нашу планету метеоритами.

Наши связи со всей Вселенной на этом не заканчиваются. Возможно, мы подключены к космической химии даже более непосредственно. На фото справа изображен метеорит — кусок скалы, который упал на Землю откуда-то из глубин Солнечной системы. В нем содержатся аминокислоты — «строительные блоки» белков, которые, в свою очередь, являются «строительными блоками» жизни. Это наводит на мысль о том, что в Космосе в течение четырех с половиной миллиардов лет происходили очень сложные химические процессы, связанные с углеродом и образовавшие эти блоки.

Существует еще один аспект, заставляющий нас иначе думать о мерцающих огнях и пятнах газа и пыли в небе. Когда мы вглядываемся в Космос, мы смотрим на место нашего рождения. Мы и в самом деле дети звезд, и в каждом атоме и молекуле нашего тела записана история Вселенной — от Большого Взрыва до наших дней. ◉

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ МАКИЯЖ ОРИОНА: На этом детальном снимке, полученном Космической обсерваторией Гершеля Европейского космического агентства, изображен спектр, содержащий химические отпечатки потенциальной жизни, позволяющие предположить существование органических молекул в туманности Ориона.



Наша история — это история Вселенной. Каждый элемент всего, что вы любите, всего, что вы ненавидите, и всего, что вам дорого, был «собран» в первые несколько минут жизни Вселенной и трансформирован в «сердце» звезд или сотворен в момент их огненной смерти. Когда вы умираете, эти элементы возвращаются Вселенной в бесконечном цикле смерти и возрождения. Как замечательно быть частью Вселенной! Что за история, что за величественная история!

СПРАВА: Сверхновые — долгожданное зрелище небес. Именно в гибели старых звезд рождаются новые, и их смерть играет важнейшую роль бесконечном цикле смерти и перерождения, который происходит по всей нашей Вселенной.

NASA

ГЛАВА 3

ПАДЕНИЕ

ПОЛНАЯ СИЛА

При всей своей громадности и величии, Вселенная сформирована под действием всего лишь четырех сил природы. Две из них – слабая и сильная ядерные силы – остаются скрытыми от непосредственного наблюдения внутри атомного ядра. Третья сила – электромагнетизм, – пожалуй, больше других нам знакома, так как это та сила, которую мы используем в нашей повседневной жизни: благодаря ей по проводам течет электрический ток в наших сетях. Наконец, сила гравитации – великий скульптор, действующий в пространстве между звездами. Гравитация формирует структуру Космоса в больших масштабах и на больших расстояниях. Из бесформенного облака водорода и гелия, которое когда-то заполняло нашу Вселенную, гравитация вылепила первые звезды и первые планеты, а затем расположила их в галактиках совершенной формы. Собрав бесчисленные миллиарды солнечных систем, гравитация запустила их в соответствии со своими циклами и ритмами. Это невидимая путеводная нить, которая влечет за собой каждый полный оборот каждого спутника вокруг каждой планеты и каждой планеты вокруг каждой звезды. Гравитация удерживает нас на Земле, и благодаря ей наша Вселенная продолжает кружиться в своем невообразимом танце или четко отбивать свой ритм, как надежные часы.

ВНИЗУ: Прежде чем приступать к главному путешествию в своей жизни, астронавты готовятся к полету и ощущению невесомости на самолетах С-131 в Центре развития воздухоплавания имени братьев Райт. Такой самолет «летит» по траектории «невесомости». Эти авиационные тренажеры дублируют «рвотные кометы», названные так из-за тошноты, которую они часто вызывают у будущих астронавтов во время тренировок.

Сила тяжести не просто «вежливо присутствует» в нашей жизни. Она неумолима, и для крупнейших агломераций материи во Вселенной — звезд — она выступает и как творец, и как разрушитель. Звезды сияют, временно сопротивляясь гравитационному коллапсу, но когда у них заканчивается ядерное топливо и другие три силы уже не могут изменить материю в их ядрах, гравитация подавляет существование наиболее массивных из них, чтобы освободить энергию и противостоять ее втягиванию внутрь. При этом она создает наименее изученные объекты во Вселенной.

Советский космонавт Герман Титов, возможно, не самый удачливый человек. В 1960 году он был выбран вместе с Юрием Гагариным для советской пилотируемой космической программы. Из двадцати человек, которые начали осуществлять программу, только эти двое прошли жесткий отбор на физическую и психологическую устойчивость. Во время подготовки оба летчика-истребителя проверялись по всем параметрам, и во всем они соответствовали друг другу, пункт за пунктом, но кто-то должен был быть первым. Билет №1 в учебники истории получил Юрий Гагарин. 12 апреля 1961 года он стал первым человеком, совершившим путешествие в Космос. Он провел на орбите 108 минут, завершив за это время полный оборот вокруг Земли, и вернулся на Землю, спуска-

ВНИЗУ: Эта поездка на автобусе до места запуска «Востока-1» 12 апреля 1961 года была первой частью пути, который должен был проделать Юрий Гагарин до звания Героя Советского Союза и всемирной славы

ВНИЗУ: Астронавты готовятся к работе вне космического корабля, отрабатывая технику на макете космического телескопа Хаббл в Нейтральной плавучей лаборатории. Подводные условия имитируют состояние невесомости в космосе.

СПРАВА: Во время космической гонки в 1960-х годах США и Советский Союз сражались за право быть первым государством, запустившим человека в Космос.

ясь сначала в «Востоке-1», а затем на парашюте. Одна из интересных «космических» мелочей заключается в том, что на самом деле Гагарин вернулся на Землю позже своего космического корабля, потому что он катапультировался на высоте 7 000 метров (23 000 футов), беспокоясь о безопасности посадочной капсулы. «Восток-1» благополучно прибыл на землю за 10 минут до Гагарина.

По возвращении Гагарин стал Героем Советского Союза и всемирной знаменитостью, а Титов — вторым человеком, попавшим на орбиту нашей планеты. Имя Титова мало кому известно, хотя он и по сей день остается самым молодым человеком, когда-либо летавшим в Космос, — ему было чуть меньше 26-ти лет. Он пилотировал «Восток-2» со 2 по 6 августа 1961 года, облетев Землю 17 раз. Титов занял гораздо менее заметное место в учебниках истории. Но за 25 с половиной часов полета он не только стал первым человеком, который подремал в Космосе несколько часов, пока его корабль вращался вокруг планеты. Он еще был первым, кто претерпел симптомы состояния невесомости, поскольку испытывал невесомость в течение длительного периода времени. Титов был первой жертвой синдрома космической адаптации, иногда его еще называют космической болезнью. Это состояние включает в себя различные симптомы, такие как тошнота, рвота, головокружение и головные боли; все это является общей реакцией на странные ощущения от космического путешествия. Хотя невесомость остается одним из самых ярких и острых ощущений астронавтов, к ней труднее всего подготовиться. С тех пор как Титов познакомил медиков с синдромом космической адаптации, космические агентства по всему миру старательно разрабатывают различные методы имитации невесомости на Земле. Каким образом можно нейтрализовать эффект гравитации? Ответ заключается в том, что для этого делали Гагарин и Титов, — они падали на Землю.

Американским ответом на советскую программу «Восток» был проект «Меркурий» — серия из шести пилотируемых запусков, которая включала исторические полеты Алана Шепарда, первого американца в Космосе, 5 мая 1961 года, и Джона Гленна, первого американца на околоземной орбите. Астронавты, отобранные для программы «Меркурий», стали в США знаменитостями, и все они, в конечном итоге, полетели в Космос. Последний полет из серии — «Меркурий-7» — совершил Джон Гленн в 1998 году, ему в ту пору было 77 лет. Братья Трейси из сериала «Тандерберды» были названы в честь пяти пилотов «Меркурия-7»: Скотт — Карпентер, Вирджил — «Гусь» Гриссом, Алан — Шепард, Гордон — Купер и Джон — Гленн. Уолли Ширру и Дика Слейтона пропустили. Я думаю, что Уолли и Дик были бы отличными именами для пилотов «Тандербердов». Дни, когда астронавты были популярнее рок-звезд, к сожалению, прошли...

Во время обучения астронавтов для участия в проекте «Меркурий», возможно, после известий об опыте Титова, в НАСА разработали способ, позволяющий обычным военным самолетам отправлять кандидатов в космонавты в необычный полет. Используя самолет С-131, пилоты сумели создать невесомость за счет поле-

Feature Index

	Page		Page
Abler	11	Editorials	4
Amusements	6	Sports	27
Comics	25	Society	5
Crossword	28	Want Ads	26
Jumble	14	Radio-TV	26

28 PAGES TODAY

The Huntsville Times

Where Progress...

Covers The Valley!

VOL. 51, NO. 21 | CHICAGO DAILY NEWS SERVICE | HUNTSVILLE, ALABAMA, WEDNESDAY, APR. 12, 1961 | ASSOCIATED PRESS — WIREPHOTO | 45c PER WEEK

Man Enters Space

'So Close, Yet So Far,' Sighs Cape

U. S. Had Hoped For Own Launch

CAPE CANAVERAL, Fla. (AP) — The Redstone rocket which the United States had hoped would boost the first man into space stands on a launching pad here. The Soviet Union beat its firing date by at least two weeks.

"So close, yet so far," commented a technician who is helping groom the Redstone to send one of America's astronauts on a short sub-orbital flight, hopefully late this month or early in May.

"If we hadn't had those troubles last fall and on the chimp and Little Joe shots this year, we might have made it," the technician said.

"But you have to give the Russian scientists credit. They've accomplished a remarkable breakthrough."

Dr. Hugh Dryden, deputy director of the National Aeronautics and Space Administration, told the House Space Committee in Washington Tuesday that the earliest possible date for the manned launching is about April 28.

Project Mercury officials had hoped to achieve a manned Redstone flight last December or January. A series of launch mishaps necessitated additional launchings to qualify the system.

On Nov. 8, a space capsule failed to separate from a Little Joe rocket fired from Wallops Island, Va., in a test of the escape system.

Two weeks later, a Redstone fizzled because of a faulty connection which caused the escape tower to fire, leaving the rocket and capsule on the pad. This test had to be repeated before Ham, the space chimpanzee, was sent up on a short trip Jan. 31.

An engine thrust regulator stuck on the chimp shot, creating excessive thrust which lofted the chimp, Ham, higher and farther than intended. Another Redstone was fired to prove out corrections made in the regulator, again delaying the manned trip.

Another setback occurred March 18 when a repeat of the Little Joe escape test fizzled. An other try is set for about April 20 and must succeed before the Redstone now on the pad burns itself an astronaut.

* * *

By ARTHUR J. SNIDER
Chicago Daily News Science Writer

The momentous Russian achievement has taken some of the zest out of the building for the first American astronaut's rocket hop down the Atlantic missile range.

There had been hope, swelling each day, that the United States might slip the first human being into space ahead of the Soviets.

For many months — ever since last fall — it had been expected that the Russians would crash in on the test pad of their capability and launch a man of a top-ranking Soviet air

Hobbs Admits 1944 Slaying

By BOB WARD
Of The Times Staff

Isham D. Hobbs confessed today to the brutal murder in 1944 of Mrs. Margaret Thornton Fleming, Circuit Solicitor Macon L. Weaver said.

Hobbs, now 43, is held by Air Force authorities at Eglin Air Force Base, Fla. He signed a statement there detailing his knife-slaying of the prominent 32-year-old widow, Weaver said he learned from Air Force officials.

* * *

The suspect, who has undergone psychiatric treatment by military authorities since Feb. 2, has recovered his memory in full, Weaver was told. Psychiatrists said Hobbs' apparent amnesia resulted from "hysteria" rather than from any medical cause.

Hobbs, who attempted suicide last November at Bartow, Fla., and was then exposed as a long-time fugitive, will be returned to MacDill Air Force Base, near Tampa, Fla., from Eglin AFB.

Weaver plans to travel to MacDill tomorrow, he said.

Hobbs, accused also of deserting from the Army Air Corps in October, 1943, reportedly will be court-martialed, and released to civil authorities here. He was wanted for desertion and was still at large when the murder charge was brought against him in May 1944.

* * *

Hobbs told Eglin authorities he was living in a cave in the mountainous region near Mrs. Fleming's home south of Harlem when the killing occurred, Weaver said.

He stated he went to the Fleming home in an effort to get a shotgun he believed to be there. Finding Mrs. Fleming's daughter, Vivian, asleep when he broke into the house before dawn, he decided to knock her unconscious and rush her away in his cave, he stated.

The blow he struck the 21-year-old girl knocked Mrs. Fleming out, stunned her, and her screams aroused Mrs. Fleming and knocked her unconscious.

This is Russian Maj. Yuri Gagarin, history's first man in space. The Russians today rocketed him around the earth in an orbit taking slightly less than 90 minutes and brought him back safely to a prearranged spot in the Soviet Union. (AP Wirephoto via radio from Moscow)

Praise Is Heaped On Major Gagarin

First Man To Enter Space Is 27, Married, Father Of Two

LONDON (AP)—Moscow television presented a picture of the Soviet Union's first space man today, describing him as a man with "a good honest smile."

The portrait of Maj. Yuri A. Gagarin was shown and then came this broadcast comment, repeated by Moscow radio:

"For those who did not see this picture we should like to give a description of this splendid man.

"On the screen appears the image of a man aged about 25-26 with a kind, Russian face, eyes set well apart, fine bushy brows and high forehead.

"He wears a flying helmet, a light overall suit. He smiles a good, honest smile. And is there any need to add that this man who has been the first to dare to fly in space, to reach for the stars, to look down on our earth, is a man of a very great and very real character. This is evident in his smile, in the intelligent, fine eyes."

* * *

Gagarin was 27 just a month ago.

He is married to Valentina Gagarina, 26, who says has a scientific background. She was graduated from medical school at Orenburg.

They have two daughters, Yelena, 2, and Galya, just a month old.

* * *

The cosmonaut has an ideal se-

'Worker' Stands By Story

LONDON (AP) — The Daily Worker, Communist party paper in Britain, said today it is standing by its story that the Soviet Union launched a man into space last Friday.

* * *

A spokesman for the editor said: "Our story came from good sources. All we know is what we published today. Now of course there is this one."

By "this one," he referred to the Moscow announcement that Maj. Yuri A. Gagarin made an orbital flight around the earth today on a five-ton space ship and returned safely.

* * *

The Worker said in this morning's edition that the Soviet Union sent an astronaut into orbit Friday on three trips around the world, brought him back alive, and then put him under treatment for after effects. He was identified

Reds Deny Spacemen Have Died

By THE ASSOCIATED PRESS

Have some Soviet astronauts been killed in space flight experiments before Yuri A. Gagarin's sensational trip?

No, Soviet officials insist.

But some Western sources say they believe one or a few Russians did perish in unsuccessful attempts. Brig. Gen. Don Flickinger, head of the medical section of the U. S. Air Force astronaut selection and

Soviet Officer Orbits Globe In 5-Ton Ship

Maximum Height Reached Reported As 188 Miles

MOSCOW (AP)—A Soviet astronaut has orbited the globe for more than an hour and returned safely to receive the plaudits of scientists and political leaders alike. Soviet announcement of the feat brought praise from President Kennedy and U. S. space experts left behind in the contest to put the first man into successful space flight.

By the Soviet account, Maj. Yuri Alekseyvich Gargarin, rode a five-ton spaceship once around the earth in an orbit taking an hour and 20 minutes. He was in the air a total of an hour and 48 minutes.

The whole sequence of events and the announcements relating to it raised a number of questions. The Soviet announcement said the flight took place today between 9:07 and 10:55 a.m., but some persons in Moscow's Western colony were skeptical that the feat actually came off today.

There was a curious sequence of events leading up to the announcement.

Rumors had been circulating several days that the space coup had been pulled off. Two days ago, Soviet TV technicians moved into the Central Telegraph Office with the evident purpose of getting pictures of correspondents in action as they reported such a story. There were various reports, none verifiable from official sources, that the flight had been made.

* * *

Then Tuesday night the Daily Worker, London Communist newspaper with apparently sound connections in Moscow, reported that the flight took place last Friday. In splash headlines, the Daily Worker heralded "The first man in space," saying he had completed three orbits before returning to earth suffering from "after-effects of the flight."

* * *

That led up to today.

About 9:30 a.m. Western correspondents were tipped off to be listening to their radios at 10 a.m. The announcement came at 10 a.m., saying the astronaut still was in orbit. At two intervals the radio broadcast messages, reportedly from him over South America and Africa.

Then came the announcement that the spaceship had been called back to earth.

Some in the Western colony expressed wonderment that the Soviet Union, with its light reconnoiter communications, would take such a chance—announcing the flight before a successful completion.

* * *

As these skeptics saw it, the event would have turned into perhaps the most publicized disaster in history if anything had gone wrong between 10 a.m. and the announced time of landing, 55 minutes later.

VON BRAUN'S REACTION:

'To Keep Up, U. S. A. Must Run Like Hell'

Transfers by William McGovern

WERNHER VON BRAUN
He Praises A Russian Achievement

By BILL AUSTIN
Of The Times Staff

A disappointed Dr. Wernher von Braun, arriving in Huntsville today, called Russia's space flight a tremendous thing and labeled it the "shot heard around the world."

"I'm disappointed because here again we came in in second place," he declared.

Von Braun arrived at the Huntsville airport from Grove City, Pa., where he had addressed a college group yesterday.

He said we had hoped all along the United States would be able to place an astronaut up first, but he said Russia has an excellent space program and they demonstrated it by this flight.

"We are going to have to run like hell to catch up," he asserted.

No Astronaut Signal Received At Ft. Monmouth

FT. MONMOUTH, N.J. (AP)—The Astro Observation Center did not receive any radio signals from the Soviet satellite containing the first space navigator, a spokesman said today.

ЧУДЕСА ВСЕЛЕННОЙ

тов по нетрадиционным траекториям. Этот параболический путь создает короткий период времени — около 25 секунд, — в течение которого все пассажиры самолета испытывают ощущение невесомости. Дело в том, что в этот момент они фактически невесомы. Этот период может быть очень кратким, но при повторении двадцать или тридцать раз подряд физиологические эффекты становятся столь же сильными, как и ощущения в космосе при длительной невесомости. Это привело к тому, что C-131 был назван «рвотной кометой», — название, присвоенное каждому самолету, который использовали для решения этой задачи.

Я узнал о «рвотной комете», когда был еще ребенком, потому что я был и остаюсь страстным поклонником космических полетов. Вообразите мое восхищение, когда я услышал, что нам позволят «прокатиться» на ней во время съемок нашего фильма о гравитации. Имеет ли значение, что это заставит вас испытывать жестокие перегрузки, если вы можете столкнуться с этим при работе в проекте «Меркурий-7»? Так что я смог пойти на это.

«Рвотная комета» — это идеальное место для испытания двух взаимосвязанных аспектов силы тяжести, которые содержат ключ к пониманию того, что представляет собой гравитация на самом деле. Во-первых, можно полностью свести на нет влияние гравитации, просто упав на землю. Это делает гравитацию отдельной от всех других сил природы; невозможно свести на нет влияние электрического заряда, кроме как добавив еще один электрический заряд противоположного знака. «Комета» добивается устранения гравитации, просто пролетев вдоль траектории пушечного ядра, по которой оно прошло бы при стрельбе из орудия. Самолет, конечно, не просто падает на землю, как лифт с отрубленным кабелем (потому что тогда это было бы невозможно контролировать), но ускорение самолета при движении по направ-

Когда мы движемся с ускорением прочь от Земли, мы ощущаем гравитацию в 1,8 раза сильнее земной. К примеру, мой вес стал почти вдвое больше, чем был на Земле.

лению к земле точно такое же, как и то ускорение, которое вы испытали бы в падающем лифте или при прыжке с парашютом. Конечно, мы должны пренебречь сопротивлением воздуха. В цифрах самолет должен ускориться при движении по направлению к земле на скорости 9,81 метра в секунду за секунду, тогда ему удастся подавить силу тяжести. Для того чтобы удержать самолет под контролем, его направляют вперед на обычной скорости. В результате самолет летит по параболической траектории. Тот факт, что влияние гравитации полностью нейтрализуется в свободном падении, очень интересен, но верно и обратное: можно увеличить гравитационное притяжение Земли за счет ускорения.

Всем известно, что астронавты в космосе плавают в невесомости вокруг своих космических аппаратов, но не все знают, почему это происходит. Космонавты плавают в невесомости потому, что влияние гравитации планеты при удалении от нее падает, и вот это-то как раз особенно важно.

Все объекты падают с одинаковой скоростью под действием силы тяжести, хотя гравитация действует на объекты в зависимости от их массы. Ньютон и Галилей заметили, что именно так ведут себя предметы при свободном падении, но они совершенно не знали, почему это происходит. Если вы на мгновение об этом задумаетесь, вы поймете, что это действительно очень странно. Ньютон обнаружил, что сила тяготения между двумя объектами, такими как Земля и человек, пропорциональна произведению их масс. Это значит, что сила притяжения, с которой человек воздействует на Землю, и сила гравитации, с которой Земля воздействует на человека, пропорциональна массе Земли, умноженной на массу человека. Скорость, с которой вы ускоряетесь при движении по направлению к Земле из-за ее гравитационного притяжения, также пропорциональна вашей массе. Ваша масса полностью компенсируется, следовательно, и все вещи под воздействием силы тяжести падают с одинаковой скоростью. Даже луч света падает на землю с той же скоростью, что и пушечное ядро. Понимание этой концепции — ключ к пониманию гравитации.

Я смог прочувствовать это на себе в «рвотной комете», «вооруженный» фигуркой Эйнштейна, которая оберегала меня в этом рискованном полете. Когда мы были в невесомости, я позволил маленькому пластиковому Альбертику поплавать рядом с моей головой. Для наблюдателя с Земли, следящего за тем, как мы с Альбертом падаем на Землю под действием земной гравитации, очевидно, что мы падаем с одинаковой скоростью.

Этот простой факт вдохновил Альберта Эйнштейна на то, чтобы построить свою геометрическую теорию гравитации, называемую Общей теорией относительности. ◉

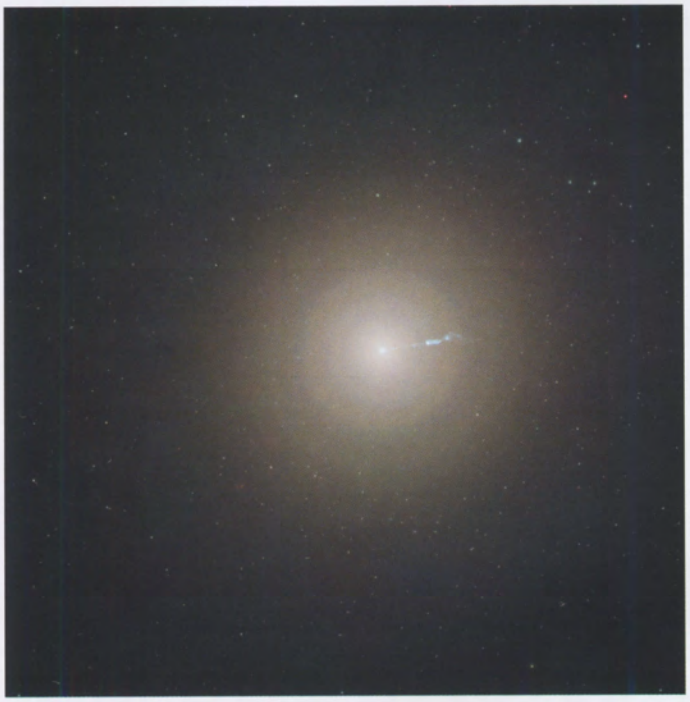
Гравитация удерживает в своих объятиях атмосферу близко к планете и воду в океанах на ее поверхности. Она является причиной того, почему дождь падает с неба на землю, а реки текут сверху вниз; она дает силу океанским течениям и приводит в движение мировую погоду, из-за нее извергаются вулканы, из-за нее землетрясения рвут земную кору на части. И все же гравитация играет еще более грандиозную роль. По всей Вселенной, от самой маленькой пылинки до самой массивной звезды, гравитация — великий скульптор, который создал порядок из хаоса.

НЕВИДИМАЯ НИТЬ

Все в Космосе подчиняется силе тяжести. От искусственных спутников, которые вращаются вокруг нашей планеты, создавая технологическую инфраструктуру XXI века, до орбиты нашего единственного естественного спутника — Луны, который совершает путешествие вокруг Земли каждые 27,3 дня, гравитация обеспечивает невидимые нити, направляющие их путь. Путешествие каждой планеты, спутника, каменной глыбы и крошечной пылинки в нашей Солнечной системе направляется гравитацией, от 365-дневной «поездки» нашей планеты вокруг Солнца до орбиты каждой из семи планет и 166 известных спутников наших соседей. Вне нашей Солнечной системы гравитация продолжает вести весь поток Вселенной, увлекая за собой все, что затронуто гравитационным притяжением, каким бы крошечным или массивным оно ни было.

Наша Солнечная система вращается вокруг центра галактики Млечный Путь — места, где доминирует сверхмассивная черная дыра, «сердце» закрученной системы более 200 миллиардов гравитационно связанных звезд. И даже эта обширная вращающаяся структура заканчивается не там, где кружится карусель Вселенной, потому что даже огромные галактики управляются во Вселенной действием гравитации.

Наша галактика является частью целой «коллекции» галактик, которые называют Местная Группа. Это кластер из более чем 30 галактик, названных так в 1936 году американским астрономом Эдвином Хаббл. Имея более десяти миллионов световых лет в поперечнике, эта огромная гантелевидная структура содержит в себе миллиарды и миллиарды звезд, в том числе триллион звезд, составляющих «тело» нашего гигантского галактического соседа — туманности Андромеды. Подобно тому, как Луна вращается вокруг Земли, Земля вращается вокруг Солнца, а Солнце вращается вокруг Млечного Пути, Местная Группа тоже вращается вокруг своего, общего для всех ее составляющих центра тяжести, расположенного где-то в 2,5 миллионах световых



СЛЕВА: Сверхскопление галактик Дева — хороший пример того, какое влияние оказывает гравитационное притяжение на небесные тела. Это скопление галактик имеет центр гравитационного притяжения в местной группе галактик, которые окружают наш Млечный Путь.

ВЫШЕ: Сверхмассивная черная дыра в центре галактики Млечный Путь, Стрелец A*, является «сердцем» закрученной системы более 200 миллиардов гравитационно связанных звезд.

НИЖЕ: Эллиптическая галактика M87 находится в центре скопления Девы. Эта огромная галактика состоит из нескольких триллионов звезд, сверхмассивных черных дыр и семьи из примерно 15 000 шаровых звездных скоплений, которые могли быть гравитационно вытолкнуты из близлежащих карликовых галактик.

Вне нашей Солнечной системы гравитация продолжает вести весь поток Вселенной, увлекая за собой все, что затронуто гравитационным притяжением, каким бы крошечным или массивным оно ни было.

лет между двумя наиболее массивными галактиками в группе: Млечным Путем и туманностью Андромеды. Но даже эта гигантская община галактик — не самая большая из известных нам гравитационно связанных структур. Пока вы сидите, читая эту книгу, гравитация отправляет вас в необычайное путешествие. Вы не только вращаетесь вокруг своей оси вместе с Землей, которая совершает один оборот за сутки; вы не только вращаетесь со скоростью чуть более 100 тысяч километров (62 137 миль) в час вокруг Солнца, вы не только вращаетесь вокруг центра нашей галактики со скоростью в 220 километров (136 миль) в секунду и не только вместе со всем Млечным Путем обращаетесь вокруг центра тяжести Местной Группы галактик со скоростью 600 километров (372 мили) в секунду, но вы, кроме того, являетесь частью грандиозного гравитационного цикла.

Местная Группа — часть гораздо большей гравитационно связанной семьи, которая называется сверхскопление Дева, в которое входит «коллекция», состоящая не менее чем из 100 скоплений галактик. Никто не знает, как долго продолжалось путешествие нашей Местной Группы вокруг сверхскопления Девы; непередаваемо огромное скопление, простирающееся более чем на 110 миллионов световых лет, оно, несмотря на это, лишь одно из миллионов сверхскоплений в наблюдаемой Вселенной. Теперь считается, что даже сверхскопления являются частью гораздо более крупной структуры (где они связаны друг с другом гравитацией), которую называют «Галактика нитей» или «Великие стены». Мы входим составной частью в сложное сверхскопление Рыбы-Кита.

Объем гравитации не ограничен, ее влияние всепроникающе на любых расстояниях на протяжении всей истории Вселенной. Тем не менее, как это ни удивительно, учитывая ее колоссальный охват и мировое значение, это первая сила, которую мы, люди научились понимать в деталях. ◉

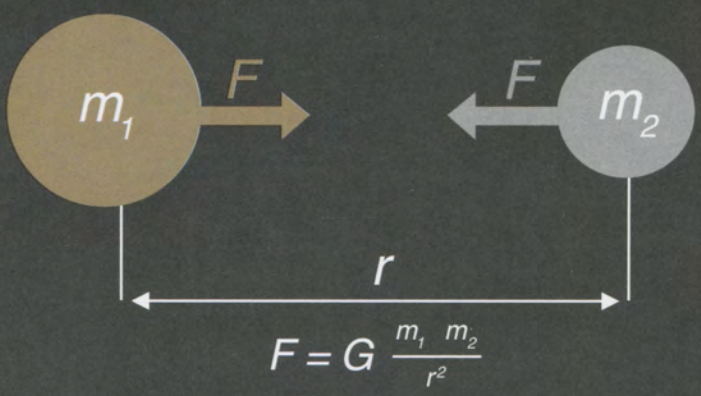
ЯБЛОКО, КОТОРОЕ НИКОГДА НЕ ПАДАЛО

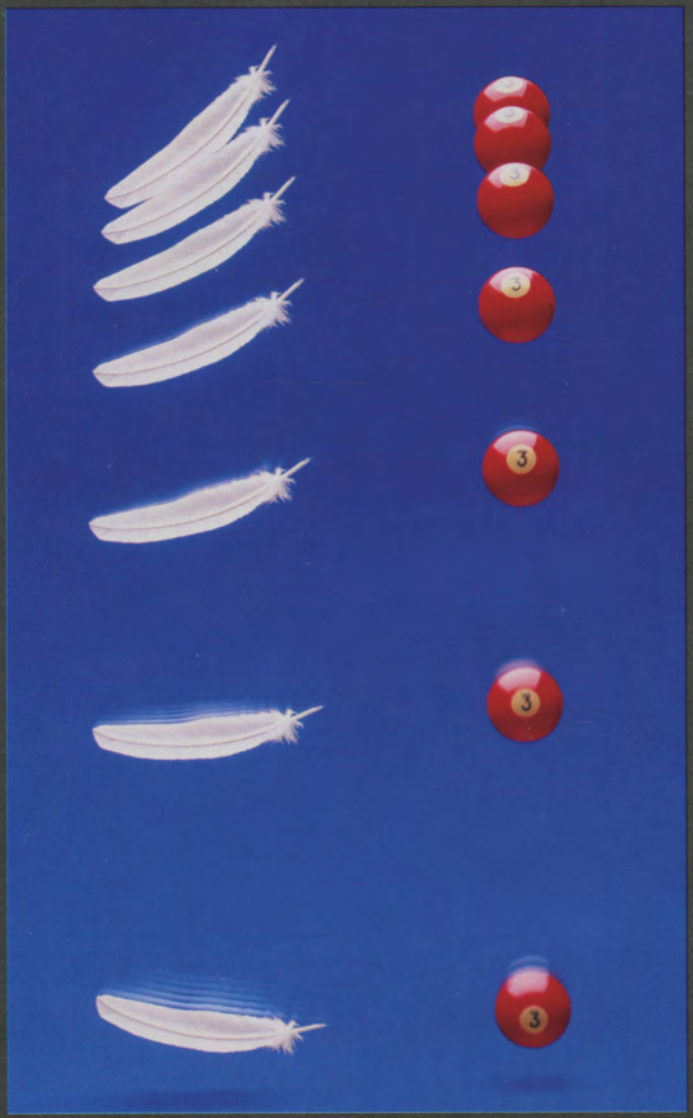
История науки полна примеров обстоятельств, при которых интуиция приводила ученых к величайшим открытиям, поэтому любопытство, толкающее вперед науку, - основа нашей цивилизации. Одна самых знаменитых - запутанная история пути, приведшего Ньютона к его теории гравитации, первому великому универсальному закону физики.

Ньютону было двадцать два года, он недавно закончил колледж и уехал подальше от чумы, охватившей Кембридж, чтобы вернуться к своей семье в родной Вулсторп в Линкольншире. Он взял с собой несколько книг по математике и геометрии Евклида и Декарта, которая его заинтересовала, как он писал впоследствии, благодаря книге по астрономии, которую он купил на ярмарке. Хотя, судя по всему, он был ничем не примечательным студентом, его вынужденный прогул предоставил ему время для размышлениий, и его интерес к физическому миру и законам, лежащим в его основе, окреп и начал приносить плоды. В течение следующих двух лет его собственные исследования заложили основу для значительной части его более поздних работ по таким разнообразным предметам, как исчисление, оптика и, конечно, гравитация. По возвращении в Кембридж в 1667 году он был избран членом совета колледжа и в октябре 1670 года стал профессором и заведующим кафедрой математики имени Лукаша. В наши дни после недавно покинувшего эту должность Стивена Хокинга ее занял теоретик Майкл Грин, занимающий ее по сей день, причем оба ученых продолжают работать над проблемой природы гравитации. Ньютон провел следующие двадцать лет, читая лекции и занимаясь разнообразной научной и псевдонаучной деятельностью, включая алхимию и предсказания даты конца света. Экономист Джон Мейнард Кейнс сказал о Ньютоне, что он не «первый в веке разума, но последний из магов». Это не совсем точно, но чего можно ожидать от экономиста? Ньютон жил на рубеже донаучных времен и современной науки и сделал больше, чем большинство его современников, чтобы наступил этот переходный период. Его самым большим вкладом в современную науку стало издание в 1687 году книги «Математические начала натуральной философии», которое часто называют просто «Начала». Эта книга содержит уравнение, которое описывает действие гравитации настолько точно, что его использовали астронавты «Аполлона», выстраивая свой путь к Луне. Оно прекрасно в своей простоте и глубине, в применении и последствиях для научной мысли.

ЭФФЕКТ ГРАВИТАЦИИ В ДВИЖЕНИИ ПЛАНЕТ

ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ НЬЮТОНА





СЛЕВА: Это покадровое изображение иллюстрирует концепцию гравитации. Здесь видно, что падение в вакууме пера и мяча происходит с одинаковой скоростью. Это доказывает, что любые два объекта разной массы ускоряются одинаково при одинаковой силе гравитации. Причина этого – в сопротивлении воздуха, который, конечно, отсутствует в вакууме. Верность этого принципа была доказана астронавтом «Аполлона», когда он бросил перо и молоток на Луне, не имеющей атмосферы, и увидел, как они падают с одинаковой скоростью, чего никогда не произойдет на Земле.

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Это математическое выражение закона всемирного тяготения Ньютона. Иначе говоря, сила (F) между двумя объектами равна произведению их масс (m_1 и m_2), деленному на квадрат расстояния между ними. G – это коэффициент пропорциональности, гравитационная постоянная. Ее значение кодируется сопротивлением гравитационной силы: сила между двумя однокилограммовыми массами, расположенными в 1 метре (3 футах) друг от друга, будет равна 6,67428 x 10^{-11} ньютонов - это 0,000000000667428 N, и это немного. Для сравнения, сила давления килограммового мешка сахара на руку составляет около 10 N. Другими словами, гравитационная постоянная G равна 6.67428 x 10^{-11} N $(m.Kg)^2$. Причина, по которой G такая крошечная, неизвестна, - это один из величайших вопросов физики. Электромагнетическая сила в 10^{36} раз сильнее, это фактор миллионов миллионов миллионов миллионов миллионов миллионов гравитационных сил, действующих на тот же объект.

Есть много причин, почему закон всемирного тяготения Ньютона так красив. Он универсален, то есть он действует по всей Вселенной и для всего, что расположено не в непосредственной близости от черных дыр, слишком близко к массивной звезде или перемещается примерно со скоростью света. В этих случаях не требуется более точная общая теория относительности Эйнштейна. Для планет, которые обращаются вокруг звезд, вращения звезд вокруг галактик и вращения самих галактик вокруг некоего общего для них центра он более чем достаточно точен. Он применим ко всем временам в истории Вселенной, начиная с первых мгновений после Большого Взрыва. Его не следует воспринимать как должное, потому что закон был сформулирован на основе работ Иоганна Кеплера и наблюдений Тихо Браге, которые занимались только движением планет вокруг Солнца. Интересен и важен тот факт, что закон, который регулирует «часовой механизм» нашей Солнечной системы, - это тот же закон, который регулирует движение галактик. Существует утверждение, что всей нашей Вселенной управляют одни те же законы физики, и закон всемирного тяготения Ньютона был первым открытым такого рода универсальным законом.

Ньютон выяснил, что гравитация - это сила притяжения, которая существует между всеми объектами: от крошечной, практически неизмеримой силы притяжения между двумя камнями на Земле до довольно большой силы, действие которой каждый из нас испытывает в настоящее время, между нами и массивным камнем тела планеты, на которой мы стоим. С массой почти в 6 миллионов миллионов миллионов миллионов килограммов, сила, действующая между всеми нами и нашей планетой, достаточно велика, чтобы удерживать наши ноги на земле. В масштабах планет, однако, гравитация может сделать гораздо больше, чем просто держать их на орбите и удерживать предметы на их поверхности, - она может лепить и формировать их ландшафт самыми неожиданными способами.

ВЕЛИКАЯ СКУЛЬПУТРА

Каньон Фиш-Ривер на юге Намибии — одно из самых грандиозных геологических мест в мире, он уступает по масштабам только Гранд-Каньону в Аризоне: более чем 160 километров (99 миль) в длину, 26 километров (16 миль) в ширину и местами до полукилометра (треть мили) в глубину. Как и Гранд-Каньон, этот шрам в земной коре был создан не движением тектонических плит и не является результатом вулканической деятельности. Он представляет собой свидетельство эрозивной силы воды. Фиш-Ривер — самая длинная река в Намибии, протяженностью более 650 километров (403 миль). Несмотря на то, что она течет только летом, за тысячелетия она медленно, но неумолимо выдолбила каньон в твердых породах. Это требует энергии, и эта энергия, в конечном счете, исходит от Солнца, когда оно поднимает воду из океанов и отправляет ее вверх по течению к северному высокогорью. Как только начинается дождь, верх берет гравитация. Нагорья вокруг истока Фиш-Ривер находятся на высоте более тысячи метров над уровнем моря. Когда дождь падает на землю на такой высоте, каждая капля воды хранит потенциальную гравитационную энергию. Существует простое уравнение, по которому можно установить, сколько энергии хранит каждая капля:

$$U=mgh$$

где U — это количество энергии, которая освободится, если капля упадет с высоты (h) над уровнем моря до уровня моря, m — масса капли, а g — уже знакомое нам ускорение свободного падения — 9,81 метров в секунду за секунду.

Каждая капелька воды высоко поднимается за счет тепла солнечной энергии, благодаря позиции Солнца в гравитационном поле Земли, и эта энергия может освободиться, что позволит воде течь вниз к морю. Часть этой энергии собирается глубоко в земной поверхности, образуя каньон Фиш-Ривер.

Сила гравитационного поля Земли, следовательно, имеет мощное влияние на особенности ее поверхности. Это можно наблюдать не только в действии падающей, бурлящей воды, но и в размерах ее гор. На Земле самая высокая гора над уровнем моря — Эверест. Имея высоту почти 9 километров (5,5 миль), она возвышается над остальной планетой. Но Эверест — карлик по сравнению с самой высокой горой в Солнечной системе, которая, что может на первый взгляд показаться удивительным, расположена на поверхности намного меньшей планеты, чем наша. Расположенный на расстоянии около 78 миллионов километров (48 миллионов миль) от Земли, Марс похож на нашу планету во многих отношениях. Его поверхность травмирована действием воды, которая когда-то падала с его гор в море, рассеивая свою потенциальную гравитационную энергию, хотя сегодня свободной

воды на Марсе нет. Возможность существования жидкой воды, стекающей по поверхности Марса, исчезла вместе с атмосферой, оставив красной планете засушливое и геологически мертвое будущее, но гравитация на поверхности Марса имеет удивительные последствия для его гор.

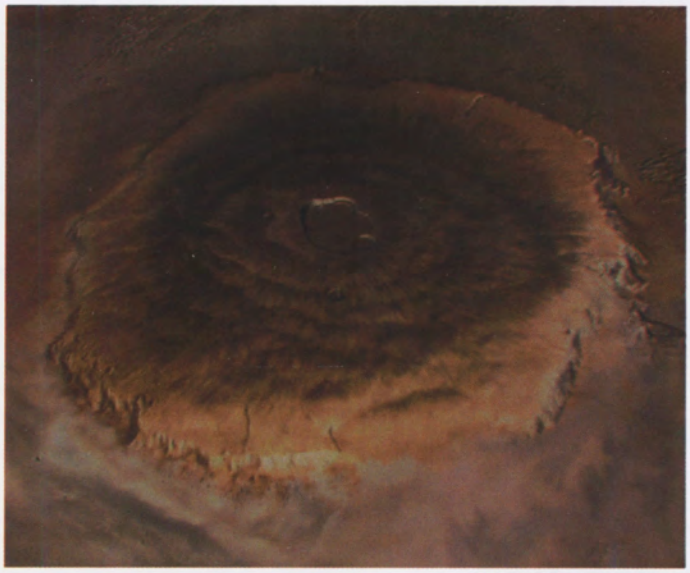
Над всеми другими горами в Солнечной системе возвышается потухший вулкан Олимп. Его высота около 24 километров (15 миль), это высота почти трех Эверестов, составленных друг на друга. Тот факт, что меньшая планета имеет более высокую гору — не случайность, это отчасти обусловлено факторами окружающей среды, такими как скорость эрозии и детали геологического прошлого планеты, но есть фундаментальное ограничение на высоту гор на любой данной планете: сила гравитации на ее поверхности. Марс имеет радиус примерно в два раза меньше, чем Земля, и так как его масса составляет лишь 10 процентов земной массы, небольшой расчет по уравнению Ньютона скажет вам, что сила гравитационного притяжения на его поверхности составляет примерно 40 процентов от гравитации на нашей планете. Это приводит к изменению веса любых предметов на его поверхности.

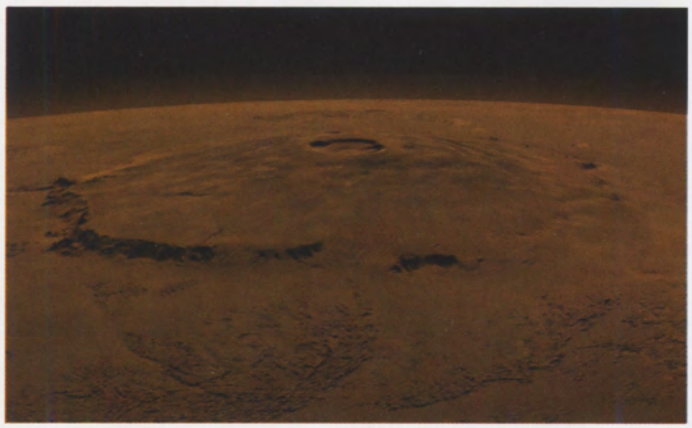
Здесь, на Земле, мы не часто думаем о разнице между массой и весом, но различие это вполне реально. Масса — это главное, внутреннее свойство предмета, реальная мера того, что составляет количество вещества в нем в физическом смысле этого слова. Она не меняется, независимо от того, где вещь находится во Вселенной.

С весом все иначе. С одной стороны, он не измеряется в килограммах, он измеряется в единицах силы — ньютонах. Это легко понять, если подумать о том, как бы вы измерили ваш вес. Сила, с которой вы воздействуете

ВНИЗУ И НА ПРЕДЫДУЩЕЙ СТРАНИЦЕ: Каньон Фиш-Ривер на юге Намибии — один из величайших геологических объектов мира. Он может служить ярким примером того, как последствия изменения климата и гравитация могут повлиять на структуру поверхности Земли.

СПРАВА: Огромная гора Олимп может существовать на Марсе, потому что планета обладает всего лишь 40 процентами гравитационного притяжения Земли. Тем не менее, переместите этот потухший вулкан на нашу планету, и он буквально «провалится сквозь землю» из-за своего огромного веса.





Если вы возьмете вулкан Олимп и поместите его на Землю, ... он будет весить примерно в два с половиной раза больше, чем на Марсе. ... Планета такого размера, как наша, не сможет выдержать гору размером с Олимп, потому что он будет весить слишком много.

на весы, в свою очередь, зависит от земной гравитации. В символах вес чего-либо на Земле определяется так:

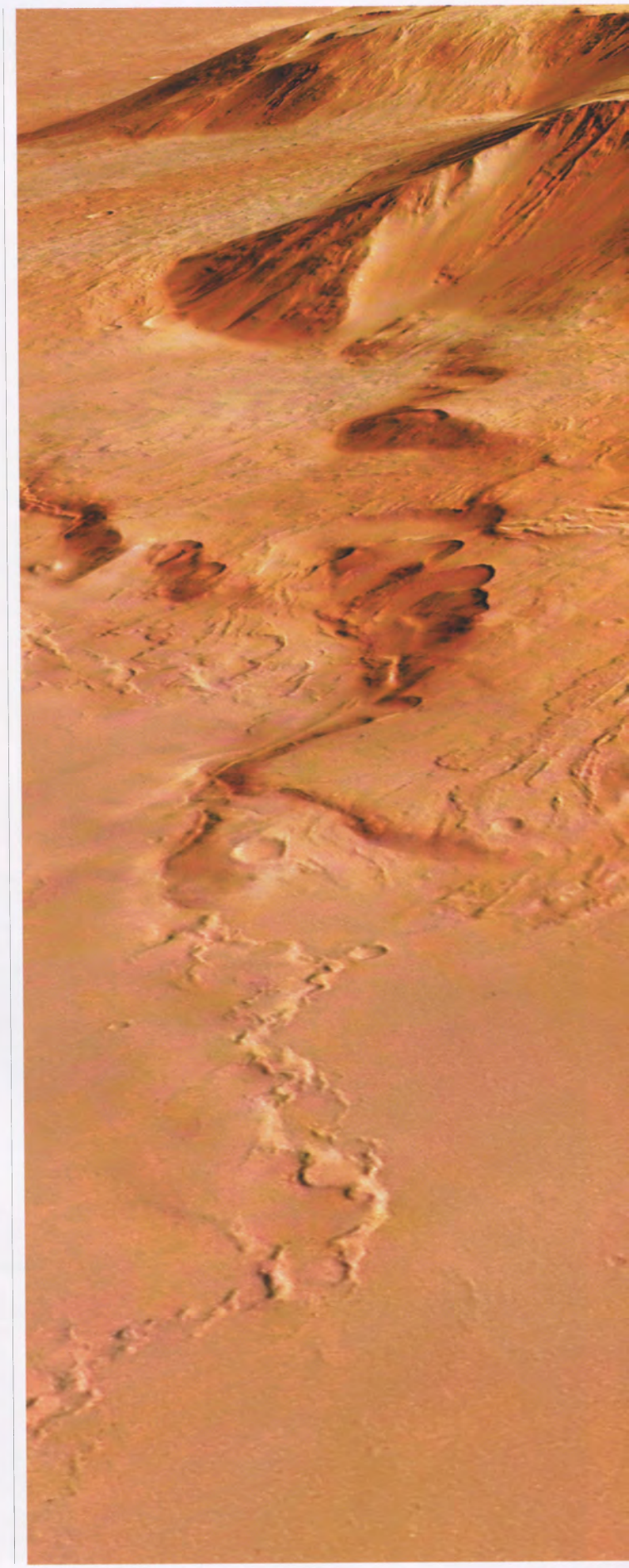
$$W=mg$$

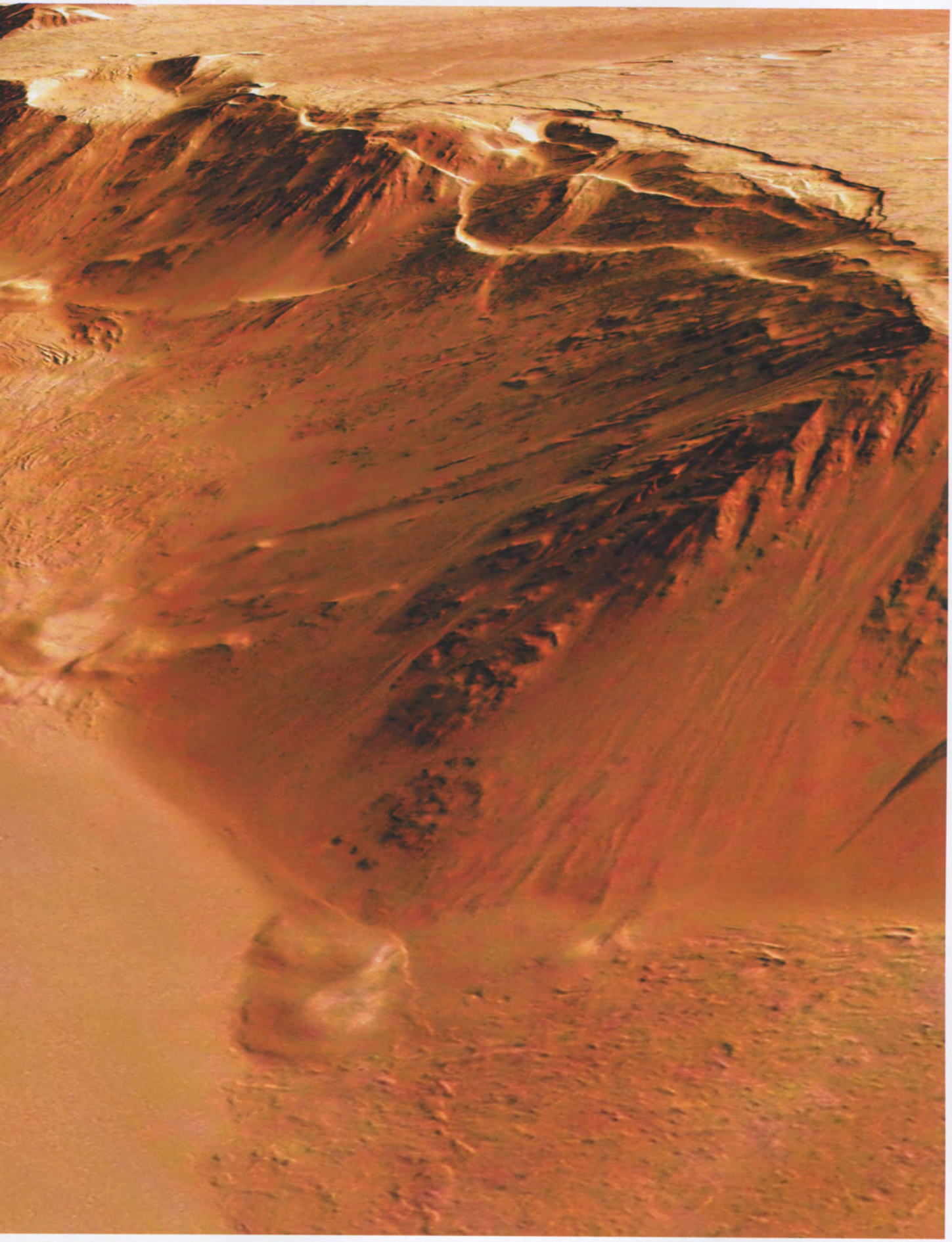
где W – это вес, m – масса предмета, а g – уже знакомая нам мера напряженности гравитационного поля Земли – 9,81 метров в секунду за секунду. Таким образом, здесь, на Земле, человек с массой 80 килограммов весит 785 ньютонов, а на Марсе тот же 80-килограммовый человек будет весить примерно 295 ньютонов.

Так что ваш вес зависит от нескольких обстоятельств. Во-первых, это ваша масса, во-вторых, масса планеты, на которой вы находитесь. Ваш вес будет также изменяться, если вы, измеряя его, ускоритесь, что является еще одним проявлением принципа эквивалентности. Так что если вы возьмете вулкан Олимп и поместите его на Землю, рядом с ним любая земная гора окажется карликом, но, кроме того, он будет весить в два с половиной раза больше, чем на Марсе. Планета такого размера, как наша, не сможет выдержать гору размером с Олимп, потому что он будет весить слишком много. Самая высокая гора на Земле, если измерять от основания, – это Мауна-Кеа, огромный бездействующий вулкан на Гавайях. Она на один километр (полмили) выше, чем Эверест, но она постепенно оседает. Мауна-Кеа высока настолько, насколько гора вообще может быть высока на нашей планете, и этот абсолютный предел задается силой нашей гравитации.

Определение веса может получиться немного запутанным, и мы уже упоминали, что существуют предостережения, исходящие из эмпирического правила, что ваш вес на Земле в 9,81 раза больше вашей массы. Одна из проблем заключается в том, что сила земной гравитации немного разная в разных точках земной поверхности. Особенно очевиден эффект высоты; на краю каньона Фиш-Ривер я бы весил чуть меньше, чем если бы я стоял на дне каньона. Это потому, что в верхней части каньона я бы находился дальше от центра Земли, чем на дне, поэтому я слабее ощущал бы гравитационное притяжение. Земля, кроме прочего, имеет неравномерную плотность. Некоторые районы земной поверхности и подземелий состоят из более массивного материала, чем другие, что также влияет на локальное гравитационное поле. Еще больше осложняет дело то, что Земля вращается, а это значит, что вы ускоряетесь, когда стоите на ее поверхности, что означает, в свою очередь, что сила гравитации, которую вы чувствуете, изменяется в соответствии с принципом эквивалентности. Это ускорение увеличивается, когда вы идете в направлении экватора, уменьшая ускорение свободного падения. Земля выпирает на экваторе, потому что ее вращение еще больше ослабляет там гравитационное притяжение. Следовательно, на Северном и Южном полюсах вы весите примерно на 0,5 процента меньше, чем на экваторе. Эффекты различной плотности земных «подземелий» и наличие поверхностных особенностей в гравитационном поле Земли были измерены с очень высокой точностью и представлены в виде карты – геоида. ◉

Над всеми горами в Солнечной системе возвышается потухший вулкан Олимп. Высотой он почти достигает трех сложенных друг на друга Эверестов. Тот факт, что меньшая планета имеет более высокую гору, — не случайность, это отчасти обусловлено экологическими и геологическими факторами, но есть фундаментальное ограничение на высоту гор на любой планете: сила гравитации на ее поверхности. Сила гравитационного притяжения на поверхности Марса составляет примерно 40 процентов от гравитации нашей планеты.

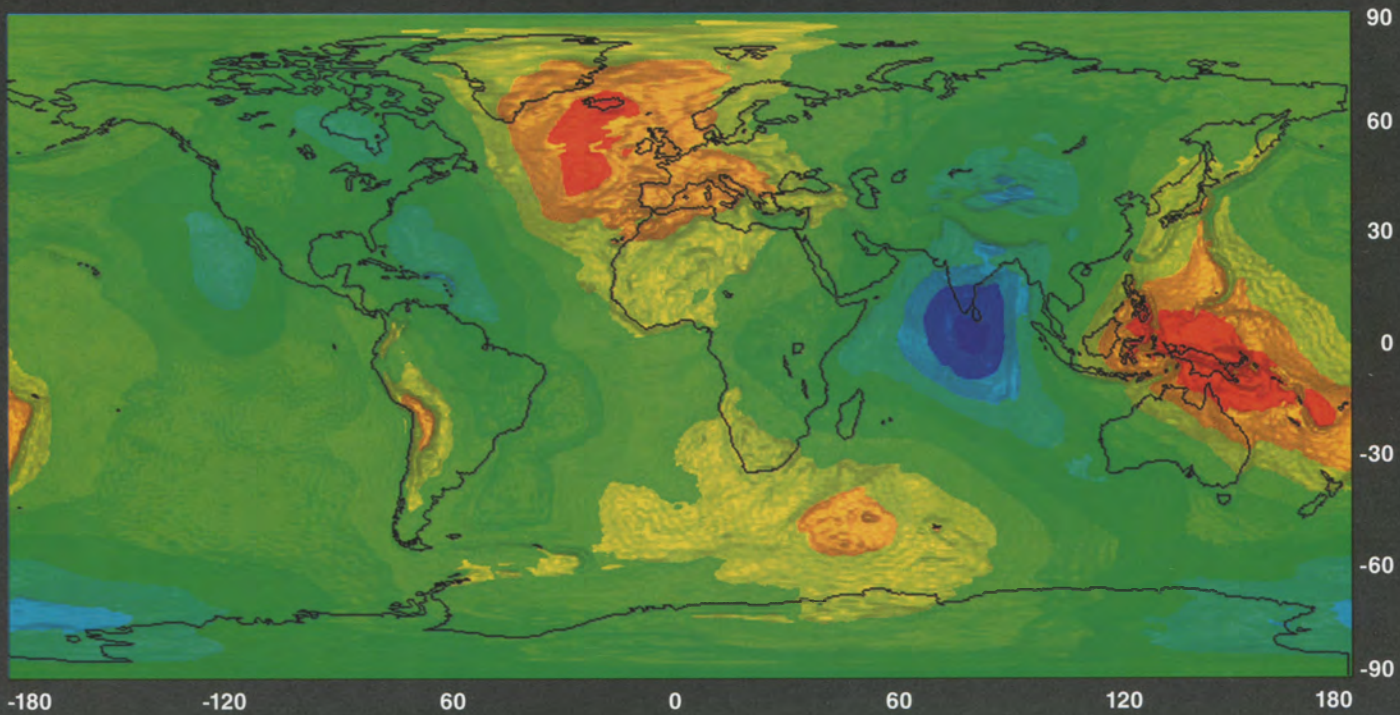




ГЕОИД

ВНИЗУ: Данные, собранные спутником GOCE в ноябре-декабре 2009 года, были использованы, чтобы создать карту тонких различий в гравитационном поле Земли по всей планете. Эти карты дают бесценную информацию океанографам, гидрологам и геологам для создания точной климатической модели нашей планеты.

СПРАВА: Геоид помогает нам понять невидимые структуры нашей планеты, как здесь, в Исландии, где магма поднимается к земной мантии, влияя на гравитационное поле. На этом снимке, сделанном спутником НАСА в мае 2010 года, видно, как извергается исландский вулкан Эйяфьядлайёкюдль.

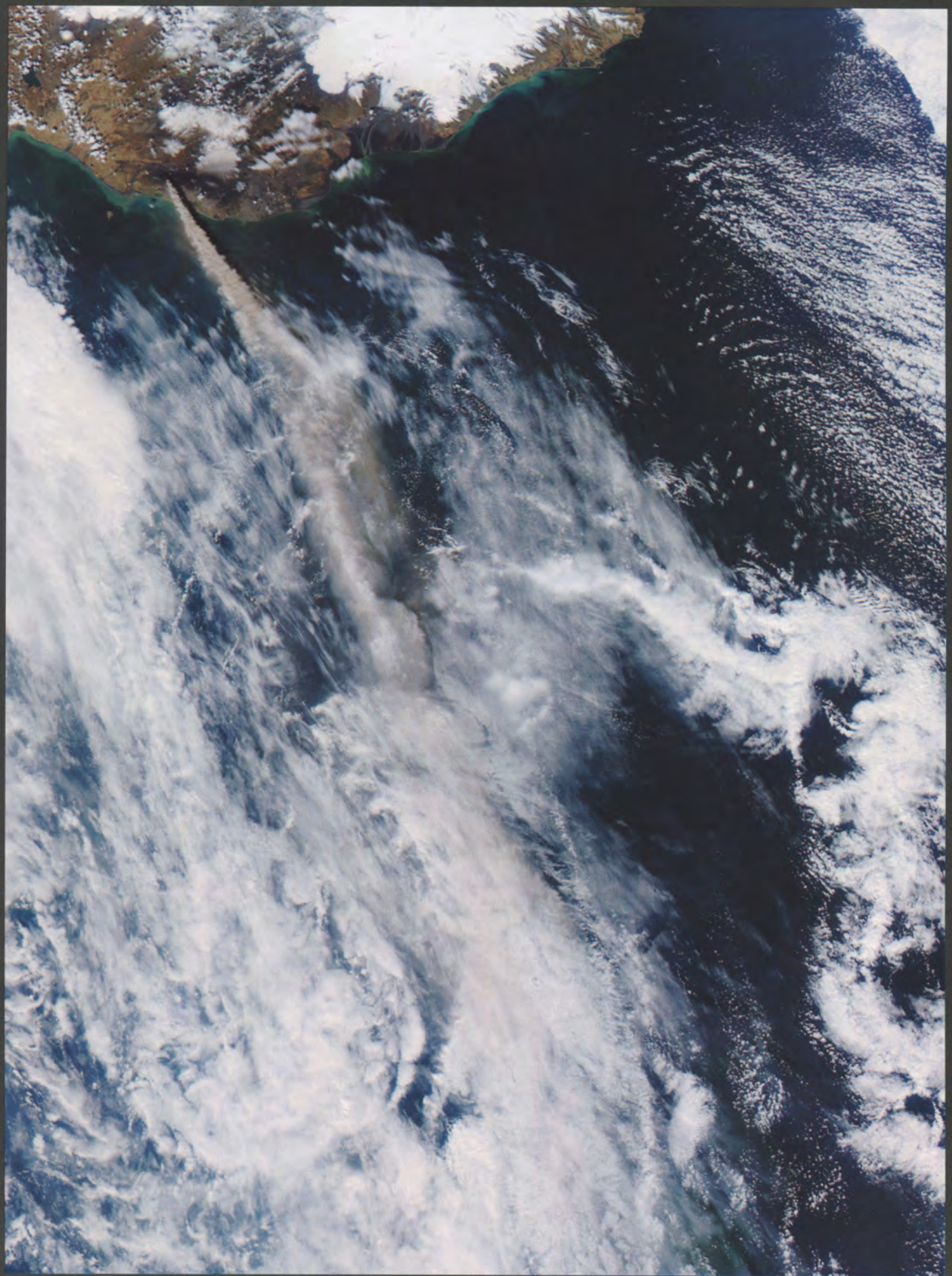


Это фото гравитационного поля Земли было сделано спутником GOCE[1] Европейского космического агентства, который был запущен в марте 2009 года. GOCE оснащен тремя сверхчувствительными акселерометрами, устроенными так, что они реагируют на очень маленькие изменения высоты орбит спутников, которые зависят от силы гравитационного поля Земли. Скользя по краю земной атмосферы на высоте 250 километров (155 миль), GOCE в течение двух месяцев собирал данные для создания этого необычного изображения. В первый раз сила гравитации была с точностью нанесена на карту. Синие участки указывают области, обладающие слабым гравитационным полем, зеленые – средним, на красных участках оно сильнее. Причина этих флуктуаций заключается в плотности пород под поверхностью Земли, возвышающихся над сушей гор или впадин на дне океана.

Эта карта позволяет понять, как «работает» наша планета, ибо эти данные – высокоточный геологический инструмент. Она особенно полезна для океанографов, потому что определяет базовые поверхности воды при отсутствии приливов, ветра и течений, что крайне важно для понимания факторов, определяющих движение воды по океанам нашей планеты. Это очень важная часть понимания и способов предсказания передачи энергии по всей нашей планете, что, в свою очередь, является важным фактором в создании точных климатических моделей.

Геоид дает огромное количество детальной информации о структуре нашей планеты, лишь измеряя силу ее гравитации. ◉

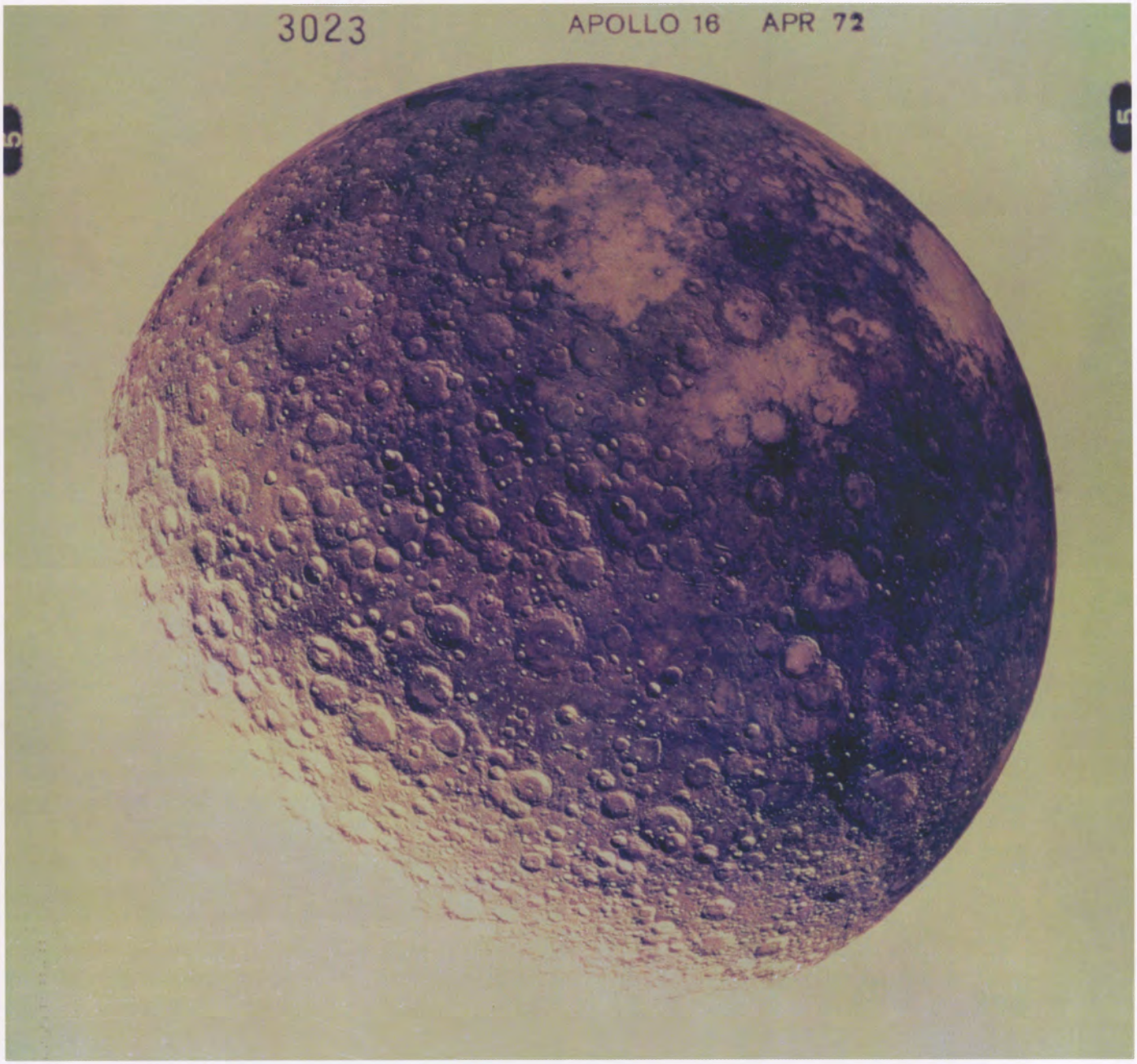
[1] GOCE – научно-исследовательский спутник. GOCE – аббревиатура от Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer, что переводится как «исследователь гравитационного поля и установившихся океанских течений», произносится как «Гоче» (*прим. пер.*).



БУКСИР ЛУНЫ

Многие планеты в нашей Солнечной системе имеют целые семьи спутников, от шестидесяти трех спутников Юпитера и тринадцати лун Нептуна до двух крошечных деформированных спутников Марса. У нашей планеты есть только одна Луна, она - наш постоянный спутник, с которым мы шли сквозь Космос в течение почти четырех с половиной миллиардов лет.

СПРАВА: Неуловимая обратная сторона Луны, которую, в конечном счете, впервые сфотографировал в 1959 году советский зонд «Луна-3».



В нашей Солнечной системе нет других планет, спутник которых был бы больше по отношению к материнской планете, чем наш. Он вращается всего лишь в 380 000 километров (236 000 миль) от Земли. Его размер составляет примерно четверть диаметра Земли, что делает его пятой по величине луной в Солнечной системе, после Титана, Ганимеда, Каллисто и Ио, хотя, конечно, их материнские планеты Юпитер и Сатурн значительно больше, чем Земля. Это делает Землю и Луну фактически двухпланетной системой. Наилучшая из существующих теория формирования нашей Луны заключается в том, что она появилась около 4,5 миллиарда лет назад. Когда планета размером с Марс, которую называли Тейя, врезалась в новообразованную Землю, взрыв выбросил на орбиту камень, который медленно преобразовался в видимую нами сегодня лунную структуру. Доказательством этой теории отчасти служит то, что Луна имеет очень похожий на внешнюю земную кору состав, хотя она гораздо менее плотная, поскольку ее железное ядро значительно меньше. И это может служить еще одним доказательством этой теории. В том случае, если столкновение Тейи с Землей было скользящим ударом, железное ядро Земли осталось нетронутыми, поэтому относительное количество железа в Луне оказалось небольшим. Следовательно, гравитационное поле Луны намного слабее, чем наше. Когда Нил Армстронг «совершил свой маленький шаг» и ступил на Луну, он весил там всего 26 килограммов (58 фунтов), несмотря на то, что был одет в скафандр, который на Земле весил 81 килограмм (180 фунтов). Происходит это потому, что сила гравитационного поля Луны составляет примерно одну шестую часть силы гравитационного поля Земли. Однако несмотря на свое относительно слабое гравитационное притяжение, Луна все же имеет большое влияние на нашу планету.

Из-за близости Луны к нашей планете ее гравитационное притяжение существенно варьируется в разных частях земной поверхности. На иллюстрации справа видно, как равнодействующая сила — сила, действующая каждой точкой Земли на Луну, — была помещена в центр Земли, после того как вычли ее собственное гравитационное поле. В остатке чистая сила тяжести тянет Землю к Луне, чего и следовало ожидать. Но есть еще и результирующая сила, которая тянет Землю в противоположную от Луны сторону. Отметим также, что под прямым углом к положению Луны лунная гравитация в действительности увеличивает гравитационное притяжение Земли и сплющивает все предметы. В этом и состоит причина приливов, так как вода растягивается легче, чем камень, формирующий дно океана. Вода в океанах выпирает наружу по отношению к Земле под Луной и на противоположной стороне Земли по отношению к Луне. Разница в высоте воды составляет всего несколько метров, но может быть гораздо больше, в зависимости от формы береговой линии. Стоит отметить, что существуют также приливы в породах земной поверхности: гравитация влияет не только на воду! Но породы намного жестче и поэтому не так сильно растягиваются. Поверхность Земли, тем не менее, из-за приливных эффектов поднимается и опускается на несколько сантиметров.

На всем протяжении человеческой истории половина поверхности Луны оставалась скрытой от наших глаз вплоть до 1959 года, когда советский зонд «Луна-3» впервые ее сфотографировал. Это дало нам первое представление об этом таинственном пейзаже. Девять лет спустя космонавты на борту «Аполлона-8» стали первыми людьми, покинувшими орбиту Земли и первыми человеческими существами, непосредственно наблюдавшими обратную сторону Луны собственными глазами. Причина того, что только одна сторона Луны повернута к Земле, оставаясь застывшей во времени и неизменной в, казалось бы, вечно движущемся ночном небе, связана с приливными эффектами.

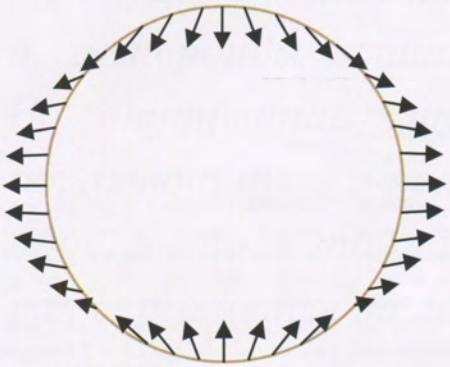
Гравитация — это всегда улица с двусторонним движением: как Луна вызывает приливы на Земле, так и Земля должна вызывать приливы по всей поверхности Луны.

Миллиарды лет назад вид нашего спутника с Земли был совсем иным. В своем «детстве» Луна вращалась намного быстрее, и с Земли были видны обе стороны ее поверхности. С момента своего рождения Луна ощущала на себе «буксир» земной гравитации. Его сила сегодня стала меньше, чем была прежде, потому что Луна была тогда ближе к Земле.

Один взгляд на закон всемирного тяготения Ньютона скажет вам, что гравитация — это всегда улица с двусторонним движением: как Луна вызывает приливы на Земле, так и Земля должна вызывать приливы по всей поверхности Луны. Эти приливы, конечно же, происходят не в воде, а в твердой породе лунной поверхности. Как это ни удивительно, но за весь период тяжелого планетарного подъема кривизна поверхности Луны изменилась на 7 метров (22 фута)!

Эта гигантская приливная выпуклость, «захлестывающая» Луну, имеет интересный эффект. Поскольку Луна оказалось под гигантской материнской планетой, вися-

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ ЛУНЫ
Дифференциальное гравитационное поле Луны на Земной поверхности проявляется как приливообразующая сила. Этот основной механизм, управляющий приливным действием, обусловливает две эквипотенциальных приливных выпуклости, вызывающих два ежедневных прилива.



ЭФФЕКТ ПРИЛИВНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ НА ЗЕМЛЕ И НА ЛУНЕ
Земля и Луна прекрасно приливно синхронизированы, они движутся навстречу друг другу, причем Луна постепенно удаляется от Земли.

СЛЕВА И ВЫШЕ: Луна имеет заметное влияние на наши океаны. Сочетание гравитационного притяжения Луны и Земли сдавливает все на их поверхности, что, в свою очередь, и создает приливы и отливы.

щей в лунном «небе», волна породы «тащилась» по ее поверхности, но повышение прилива произошло не мгновенно, ему требовалось время, чтобы поверхность Луны отреагировала на притяжение Земли. За это время Луна понемногу раскручивалась, унося на себе пик каменной «волны». Приливная выпуклость поэтому не будет полностью выравнена с Землей, но всегда будет находиться чуть впереди нее. Гравитация Земли действует на деформированную Луну таким образом, что пытается втащить ее обратно в синхронизацию, другими словами, она работает на разрыв, как гигантский тягач. Со временем этот эффект — приливный замок — постепенно синхронизирует скорость вращения Луны с ее орбитальным периодом. Фактически это означает, что приливная выпуклость будет оставаться в том же месте на поверхности Луны под точкой, над которой зависла Земля, и не должна оттуда «сползать».

Луна уже почти (но не совсем) приливно привязана к Земле, а это значит, что ей требуется один месяц на вращение вокруг своей оси и один месяц на вращение вокруг Земли. Таким образом, нет никакой темной стороны Луны. Та сторона, которую мы не можем видеть, получает много солнечного света, просто она постоянно отвернута от Земли. Земля и Луна в своей двухпланетной системе на самом деле по-прежнему развиваются по отношению друг к другу и прекрасно приливно синхронизированы, и из этого вытекает одно интересное следствие: Луна постепенно дрейфует все дальше и дальше от Земли со скоростью чуть менее 4 сантиметров (1,5 дюйма) в год.

Сила гравитации не только в ее способности проникать через пустые пространства и формы поверхности планет и спутников; гравитация также имеет возможность создавать новые миры, и мы наблюдаем в небе этот процесс созидания каждый день и каждую ночь, когда он как бы застывает во времени. ◉

ЛОЖНЫЙ РАССВЕТ

Это один из самых странных огней, появляющихся в нашем ночном небе, — свет, который на протяжении веков сбивал с толку тех, кто был ему свидетелем. Обманутые этим свечением, люди думали, что наступает новый день.

Это волшебное свечение — призрачное напоминание о происхождении нашего мира и силе гравитации. Итальянский астроном Джованни Кассини впервые исследовал это странное явление в 1683 году. Никола де Фацио Дуллиер, один из студентов Кассини, был первым, кто, наконец, объяснил его происхождение и при этом дал первое представление о происхождении планет и сопровождающих их лун в нашей Солнечной системе.

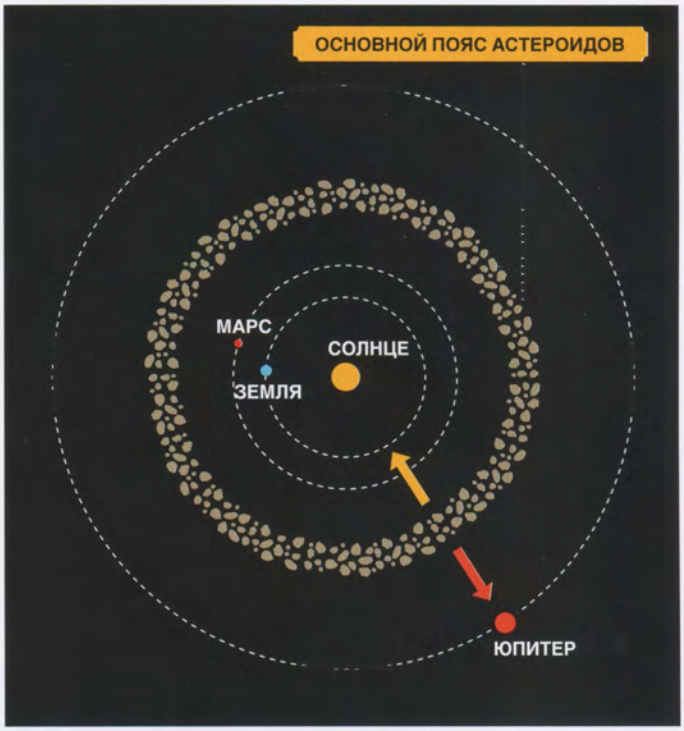
Историю Зодиакального света можно проследить сквозь пять миллиардов лет к истокам нашей Солнечной системы. В то время не было ни Солнца, ни какой-либо планеты или луны, было только облако газа и пыли — строительные блоки всего, что мы теперь называем своим домом. Все, что составляет нашу Солнечную систему, содержится в огромных неровных облаках, плавающих в Космосе. Считается, что взрыв соседней звезды послал ударную волну сквозь такое облако, создавая небольшие колебания плотности. Она же придала ему вращение. Более плотные регионы обладают немного большим гравитационным притяжением, чем менее плотные, поэтому они начали расти, и крупнейший из них стал Солнцем. В первые дни Солнечная система была меньше планеты; молодое Солнце окружал вращающийся диск материи — протопланетный диск. Со временем мельчайшие частицы пыли в диске столкнулись и слиплись, случайно сформировав крупные объекты размером с небольшие астероиды — планетезимали. Как только крупные планетезимали стали достаточно большими, чтобы иметь значительную гравитацию, они начали собирать близкую к ним материю, и их рост ускорился. Примерно сто миллионов лет спустя крупнейшие планетезимали превратились в планеты и их спутники, которые мы видим сегодня.

Однако не вся материя из первичного облака стала планетами или спутниками. Войти в Солнечную систему вместо Марса должна была другая планета, но гравитационное «перетягивание каната» между Юпитером и Солнцем остановило ее формирование. Теперь вместо девятой планеты в нашей Солнечной системе парит полоса пыли и мусора — пояс астероидов. Обычно нет никакой возможности увидеть пояс астероидов с Земли невооруженным глазом — он просто слишком далеко, а астероиды слишком малы. Но внутренние столкновения образуют пыль в поясе астероидов, и это — та тайна, которая скрывается за ложным рассветом. Слабое свечение Зодиакального света после захода солнца и до его восхода вызвано солнечным светом, отраженным обломками разрушенной планеты. Остатки ранней Солнечной системы — красивое мерцающее напоминание нам о нашем происхождении. ◉

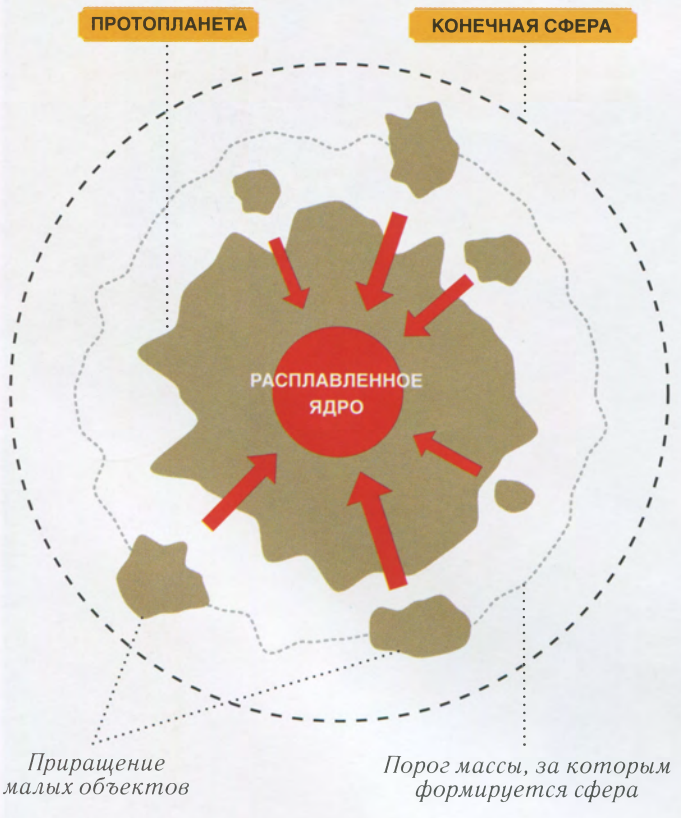
ВНИЗУ: Блеклое беловатое свечение, которое появляется на горизонте перед восходом солнца и сразу после его заката, на протяжении веков было предметом нескончаемой дискуссии среди ученых. Этот Зодиакальный свет, как известно, на самом деле — мусор, который остается после столкновений в поясе астероидов, вызванных гравитационным «перетягиванием каната» в Солнечной системе между Юпитером и Солнцем.

СПРАВА: Теоретически из первичной пыли в Солнечной системе вместо Марса должна была сформироваться другая планета, однако конфликтующие между собой гравитационные силы Солнца и Юпитера помешали этому. Так появилась полоса пыли и мусора — пояс астероидов.

Обычно нет никакой возможности увидеть пояс астероидов с Земли невооруженным глазом — он просто слишком далеко, а астероиды слишком малы. Но внутренние столкновения образуют пыль в поясе астероидов, и это — та тайна, которая скрывается за ложным рассветом.



СПРАВА: «Голубой мрамор»[1] — пожалуй, одна из самых известных фотографий планеты Земля, на основе которой впоследствии было сделано множество изображений. Фотография, сделанная экипажем «Аполлона-17» во время их путешествия на Луну в 1972 году, вошла в историю как первый полноцветный снимок нашей планеты, на котором Земля видна в беспрецедентных деталях.



«ГОЛУБОЙ МРАМОР»

Изображение Земли, которое называют «Голубым мрамором», трудно объяснить с точки зрения привычных нам плоскостных фотографий нашей планеты. Эта фотография сделана астронавтами с борта «Аполлона-17» во время путешествия на Луну 7 декабря 1972 года. С тех пор эта прекрасная картина нашего хрупкого мира, стала, пожалуй, самым распространенным его изображением в человеческой истории. Но почему Земля — сфера? В самом деле, почему все планеты и все звезды — сферические?

Мы знаем, что все планеты и звезды образуются в результате гравитационного коллапса облаков пыли. Можно сказать, что сила гравитации стягивает вместе витающие в Космосе частицы. Это один из способов рассмотреть историю происхождения планет и звезд. Но есть еще один способ понять и объяснить то же самое: все маленькие частицы в начальном облаке пыли обладали потенциальной гравитационной энергией, потому что все они циркулировали в крошечных гравитационных полях друг друга. Так же, как капельки воды,

Фотография «Голубой мрамор» ... Эта прекрасная картина нашего хрупкого мира, пожалуй, самое распространенное его изображение в человеческой истории.

выпавшие высоко в горах над каньоном Фиш-Ривер в виде дождя и пробившие потом себе дорогу в крепчайших породах под действием силы гравитации, все эти частицы будут старательно «падать под гору», чтобы минимизировать гравитационный потенциал своей энергии. Это привело нас к пониманию общего и очень глубокого принципа в физике, и, применив его, вы сможете в значительной степени объяснить все, что происходит во Вселенной. Все предметы сумеют свести к минимуму свою потенциальную энергию, если смогут найти способ, как это сделать.

При разрушении облака пыли оно, в конечном счете, обретет такую форму, которая сведет к минимуму потенциальную гравитационную энергию. Эта форма должна позволить всему, что есть в облаке, приблизиться к ее центру настолько близко, насколько это возможно, потому что все, что находится дальше от центра, будет обладать большей гравитационной потенциальной энергией! Следовательно, форма, гарантирующая стягивание всех частичек как можно ближе к центру, естественно, будет сферой, поэтому все звезды и планеты — сферические. ◉

[1] «Голубой мрамор» — Blue Marble — знаменитая фотография планеты Земля, сделанная 7 декабря 1972 года экипажем космического корабля «Аполлон-17» с расстояния от поверхности Земли примерно в 29 000 километров (18 000 миль). Пожалуй, это самая известная фотография нашей планеты (*прим. пер.*).

ОЧЕНЬ БОЛЬШОЙ МАССИВ

ВНИЗУ: Очень Большой Массив – в самом деле большой: 27 «блюдец», уходящих за горизонт на равнинах Сан-Августина, представляют собой впечатляющее зрелище. Эта радиоастрономическая обсерватория может сделать потрясающие снимки.

Очень Большой Массив (ОБМ) – это радиоастрономическая обсерватория, состоящая из 27 идентичных «блюдец», каждое 25 метров (82 футов) в диаметре, выстроенных в форме гигантской буквы Y по всему ландшафту. Хотя каждое «блюдце» работает самостоятельно, их можно объединить вместе, чтобы создать одну антенну с эффективным диаметром более 36 километров (22 мили).

История радиоастрономии начинается в 1930-е годы, когда астроном Карл Янский обнаружил, что Вселенную можно изучать за счет обнаружения радиоволн. Он выделил два типа сигнала: радиоволны, генерируемые близкими грозами, и радиоволны, генерируемые далекими грозами. Он также обнаружил третий тип, форма которого, как он думал, была статичной. Интересная особенность статики заключалась в том, что она, казалось, поднимается и опускается один раз в день потому, что, как предполагал Янский, она состояла из радиоволн, генерируемых Солнцем. Но затем в течение недели взлет и падение статики отклонились от 24-часового цикла. Янский мог вращать свои антенны в наборе шин автомобиля Ford Model T, следуя таинственному сигналу, и он вскоре понял, что «яркая точка» волны идет не со стороны Солнца, но от центра галактики Млечный Путь в направлении созвездия Стрельца.

Новаторская работа Янского не сразу привела к развитию новой науки радиоастрономии, поскольку в это время цивилизованный мир пожинал плоды Великой Депрессии. Но вскоре изучение радиосигналов «с неба» стало одним из самых мощных методов, используемых для изучения Вселенной за пределами нашей Солнечной системы.

ВСТРЕЧНЫЙ КУРС

ВНИЗУ: Галактика Туманность Андромеды показана здесь во всем своем великолепии при помощи инфракрасного композитного снимка, сделанного НАСА Космическим телескопом Спитцер: галактика старых звезд (слева) и пыли (справа) по отдельности. Спиральные галактики, подобные этой, имеют тенденцию к образованию новых звезд в своих пыльных, массивных рукавах.

Из шести тысяч (или около того) звезд, которые можно увидеть с Земли невооруженным глазом, только один объект лежит за пределами гравитационного притяжения нашей галактики. На фотографии ниже — Туманность Андромеды, ближайшая спиральная галактика к нашей галактике Млечный Путь и самый далекий объект, видимый всем, кто смотрит в ночное небо только невооруженным глазом. Она может показаться не более чем пятном на небе, но недавние наблюдения Космического телескопа Спитцера позволяют предположить, что она служит домом для триллионов солнц.

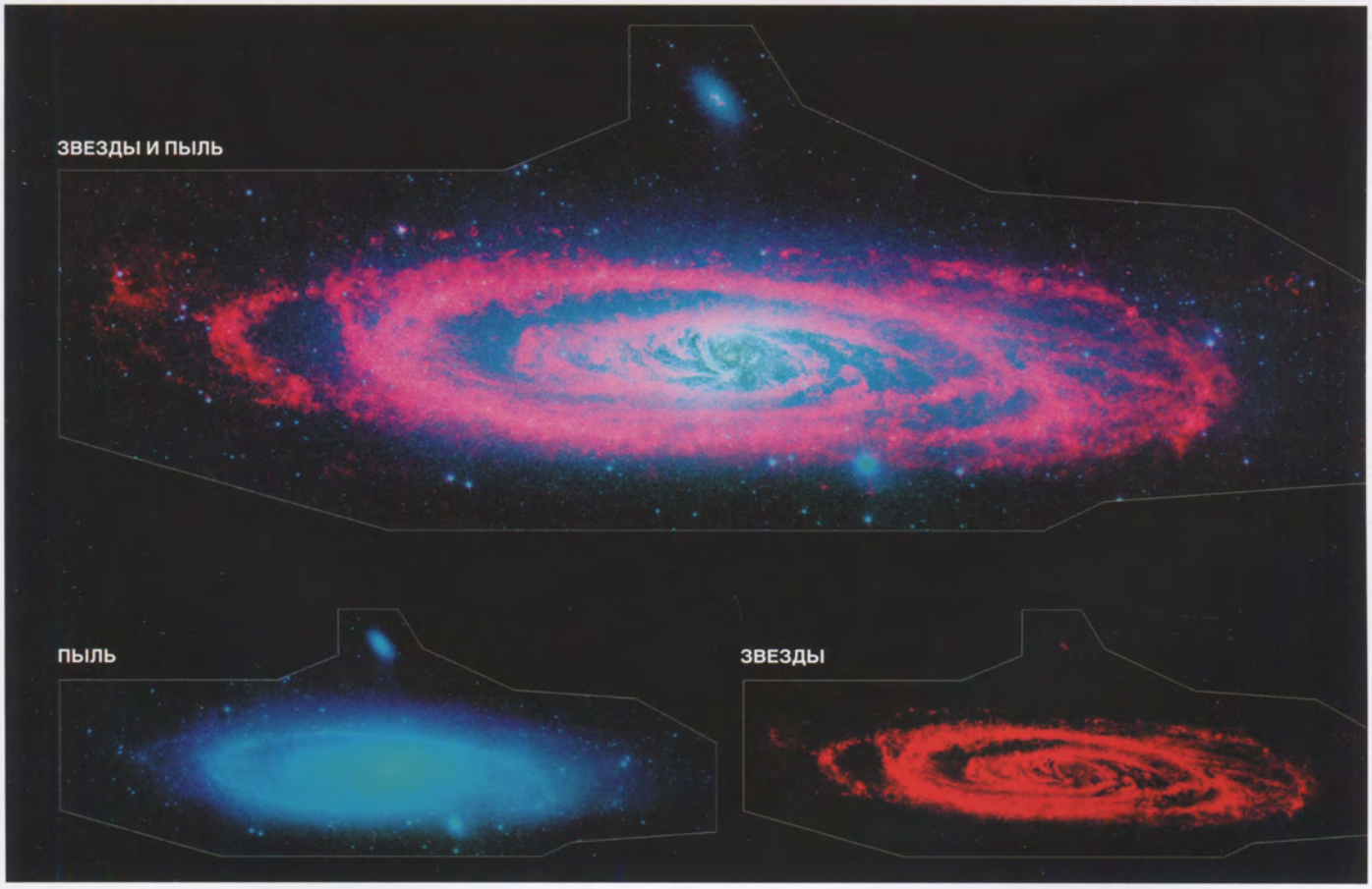
Туманность Андромеды — это лишь одна из сотен миллиардов галактик в наблюдаемой Вселенной, но выделяется она не только своей близостью к нам. Хотя большинство галактик по мере того, как Вселенная расширяется, мчатся по направлению друг от друга, туманность Андромеды движется прямо к нам, увеличиваясь в размерах со скоростью около полумиллиона километров (310 000 миль) в час. Судя по всему, этим двум галактикам суждено встретиться под действием гравитации.

Галактическое столкновение кажется нам редким и катастрофическим событием — ведь произойдет встреча триллионов солнц! Но на самом деле такие столкновения и слияния галактик — вполне обычные события в истории Вселенной.

Последовательность изображений представляет собой расчет того, что произойдет во время галактического столкновения.

Эти снимки отображают 1 миллион световых лет в поперечнике, и сроки между последовательными кадрами составляют 90 миллионов лет. После первого столкновения в Млечном Пути и в туманности Андромеды разворачивается открытый спиральный узор и длинные «приливные» хвосты и формируется соединительный мост, состоящий из крупных звезд. Сначала галактики удаляются друг от друга, но потом снова сближаются, чтобы встретиться в следующем столкновении.

Чем больше звезд собираются в сложные пульсирующие структуры, тем плотнее они сбиваются в одну огромную эллиптическую галактику. Если мы, люди, да и сама Земля, все еще будем существовать в течение примерно 3 миллиардов лет, это столкновение будет захватывающим событием нашей истории. Но прежде чем мы столкнемся, наше ночное небо заполнит наш гигантский сосед. ◉



КОГДА СЛИВАЮТСЯ ГАЛАКТИКИ

ПАДЕНИЕ

ВНИЗУ: Эта анимированная на суперкомпьютере последовательность показывает слияние галактик Млечный Путь и туманности Андромеды. Последовательность начинается перед самым слиянием и следует за динамикой процесса, пока они не сольются. Между кадрами – около 90 миллионов лет.

ЧУВСТВО СИЛЫ

Гравитация, безусловно, ощущается как мощная сила. Она построила нашу планету, нашу Солнечную систему и все миллиарды звездных систем во Вселенной, старательно собрав облака пыли и газа в аккуратные, упорядоченные сферы, искривляя ткань материи Вселенной. Сферы связаны друг с другом и выстроены на своих орбитах, создавая циклический Космос, который мы видим с Земли, от наших ежегодных «рейсов» сквозь годовые сезоны до ежедневных приливов и отливов в наших морях и океанах. Гравитация достигает дальних пределов Космоса между звездными системами, образуя галактики, скопления и сверхскопления, которые отбивают свои орбитальные ритмы в течение все более длительных сроков. Гравитация - создатель порядка и ритма в нашей динамичной и турбулентной Вселенной.

СПРАВА: Скопления галактик, подобные этому — MS0735.6+7421, — объекты приложения силы гравитации во Вселенной.

ГРАВИТАЦИОННЫЙ ПАРАДОКС

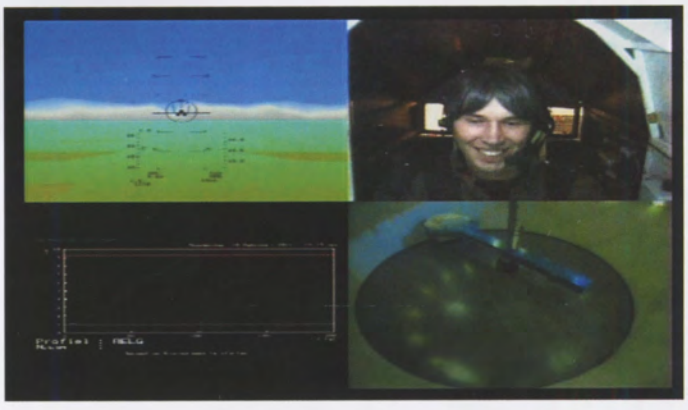
Несмотря на ее повсеместное распространение и влияние, существует тайна, окружающая самую важную организующую силу природы. Хотя она и обладает всепроникающим действием, это самая слабая сила во Вселенной. Она настолько слаба, что мы преодолеваем ее каждый день, совершая самые обычные действия. Поднимите чашку — и вы преодолеете силу тяжести, действующую на чашку. Вся планета Земля пытается остановить вас, но она не может справиться с силой вашей руки. Сила, которая действует на мышцы и удерживает атомы вашего тела все вместе, — электромагнетизм. Она в миллионы миллионов миллионов миллионов миллионов миллионов раз сильнее, чем сила тяжести, поэтому вы всегда будете побеждать в «состязании» с силой тяжести Земли.

МОЕ ЛИЦО НА БОЛЕЕ МАССИВНОЙ ПЛАНЕТЕ

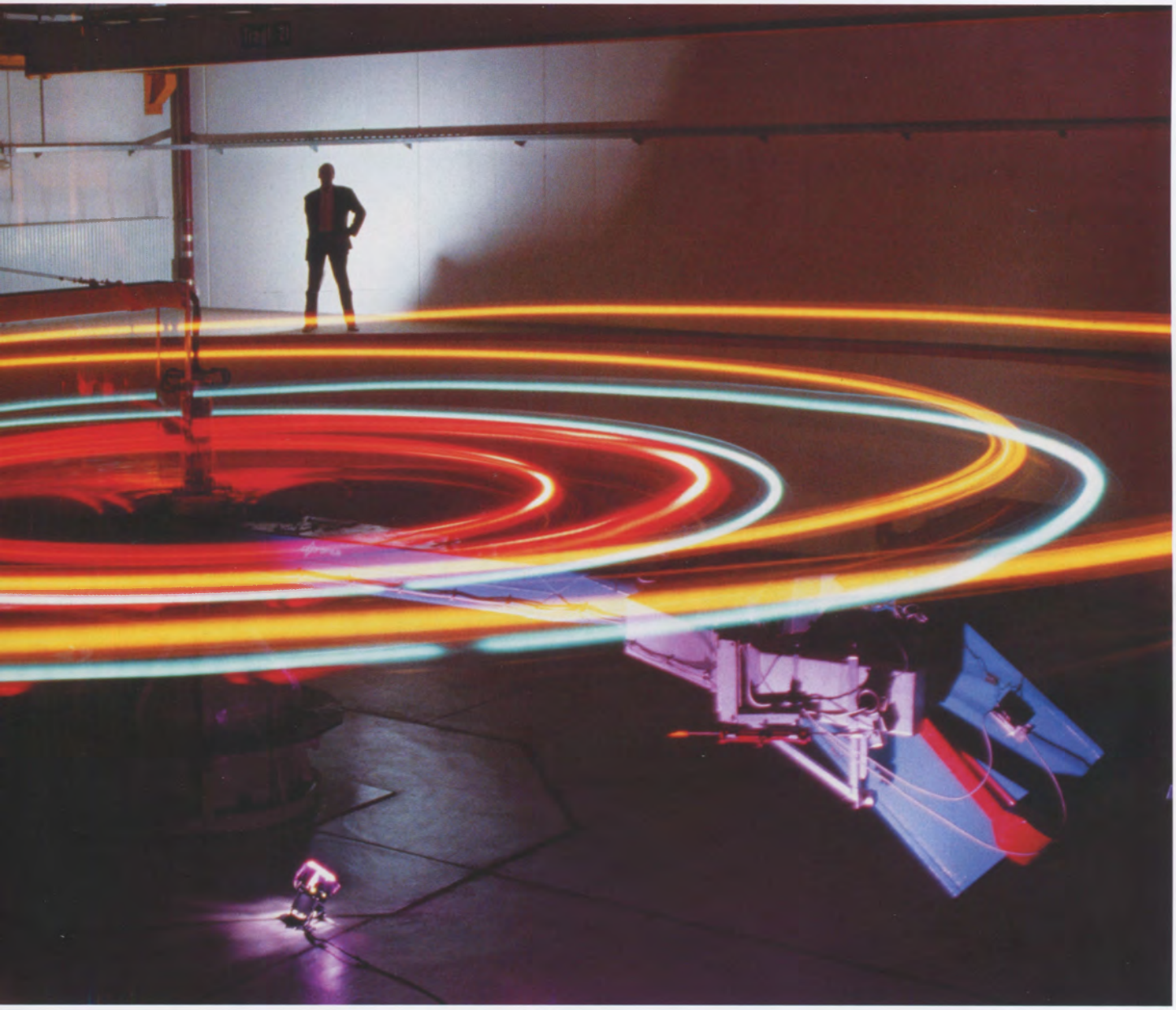
Центрифуга при отделе физиологии Королевских военно-воздушных сил Нидерландов была одним из первых устройств, построенных для того, чтобы вращать человека по кругу на большой скорости. Ее цель состояла и в том, чтобы обеспечить летчиков-истребителей высокими перегрузками, какие они испытывают в бою, и в том, чтобы научить их сохранять ясность сознания и присутствие духа. Кроме того, эта центрифуга должна была принять участие и в научных исследованиях. Как мы уже говорили, ускорение и гравитация — две стороны одного и того же явления, и вращение — хороший способ достижения высоких ускорений в небольшом пространстве. Когда человек находится в центрифуге, ускорение направлено в сторону центра вращения и вызвано центростремительной силой, которая действует на организм через сиденье, заставляя вас кружиться в замкнутом пространстве.

Моим первым «пунктом назначения» был газовый гигант Нептун. Притом, что он лишь в семнадцать раз массивнее Земли, можно ожидать, что сила тяжести на его поверхности будет в семнадцать раз сильнее. Тем не менее, радиус Нептуна в 3,89 раза больше, чем радиус Земли на экваторе, поэтому, используя закон тяготения Ньютона, вы увидите, что гравитация на поверхности Нептуна всего лишь примерно на 14 процентов больше, чем на поверхности Земли (записывается так: 1.14G). Даже с таким небольшим изменением я чувствовал разницу, поднимая руки.

Затем был Юпитер, который в 318 раз массивнее, чем Земля. При экваториальном радиусе в 11,2 раза больше земного, поверхностная гравитация была бы здесь



НАВЕРХУ: Это может выглядеть как некая дьявольская машина, предназначенная для того, чтобы убить Джеймса Бонда или проверить его навыки по освобождению из безвыходных ситуаций, но эта центрифуга в Кельне (Германия) используется для подготовки космонавтов и летчиков-истребителей к очень высоким перегрузкам.



в 2,5 раза больше гравитации нашей планеты. При 2.5G мои руки были в 2,5 раза тяжелее, чем обычно, из-за чего их трудно было поднять. Хотя я испытывал не слишком сильный дискомфорт. Все изменилось, когда директор съемочной группы решил отправить меня на экзопланету OGLE2 TR L9b в созвездии Киля. С массой, более чем в четыре раза превышающей массу Юпитера, но с радиусом всего лишь на 50 процентов больше, чем у него, OGLE2 TR L9b обладает гравитацией на поверхности планеты в четыре раза большей, чем на Земле. При 4G мне стало совсем неудобно. Я все еще мог говорить, но я не мог поднять руки. Кроме того, стало очень трудно дышать, потому что моя грудная клетка и все остальные органы в моем теле стали в четыре раза тяжелее своего нормального веса, а мои мышцы не привыкли к такой тяжелой работе.

Затем мы решили отправиться в путешествие за пределы OGLE и посмотреть, как далеко я смогу зайти. Когда перегрузка увеличилась, я окончательно утратил чувство комфорта. Через минуту или около того при 5G кровь отливает от головы, потому что сердцу уже трудно перекачивать ее в мозг. Я решил, что с меня хватит, чуть-чуть не доходя до 6G, когда мне сказали, что мое лицо «забавно» исказилось. Моя работа была закончена.

Тело с высокой гравитационной силой на поверхности в Солнечной системе — это Солнце. Поскольку его масса в 333 000 раз больше, чем у нашей планеты, его поверхностная гравитация мощнее нашей в 28 раз. Центрифуга не может двигаться так быстро, потому что при такой G-нагрузке у вас не было бы совершенно никаких шансов на выживание.

Чтобы найти еще более сильные гравитационные поля, мы должны отправиться за пределы нашей Солнечной системы и искать более экзотические объекты, чем просто звезды. Наша следующая остановка находится в одном из самых странных миров во Вселенной — о нем когда-то думали, что он заполнен инопланетянами. ◉

СТРАНА МАЛЕНЬКИХ ЗЕЛЕНЫХ ЧЕЛОВЕЧКОВ

В 1967 году студентка Джослин Белл и ее руководитель Энтони Хьюиш использовали недавно построенный в Кембридже радиотелескоп для поиска квазаров — самых ярких и энергетически мощных объектов во Вселенной. В настоящее время широко распространено мнение, что квазары или квазизвездные радиоисточники — это небольшие компактные районы вокруг сверхмассивных черных дыр в центре очень молодых галактик. Огромное количество радиации (больше, чем исходит от целой плеяды триллионов солнц) выделяется в виде газа и пыли и закручивается в черную дыру.

Когда Белл и Хьюиш искали данные по этим высокоактивным центрам галактик, они наткнулись на очень странный сигнал — импульс, который повторялся точно через каждые 1,3373 секунды. Команде Кембриджа казалось, что почти невозможно поверить, чтобы столь быстрые регулярные импульсы исходили от природного источника. Поэтому они назвали его LGM-1, что означает Little Green Men — Маленькие Зеленые Человечки.

Если бы они обнаружили радиомаяк инопланетной цивилизации, вы бы о нем услышали. Источник был вполне естественным, как астроном сэр Фред Хойл понял сразу же на слух. Тем не менее, они сделали открытие, за которое Хьюиш и его коллега астроном Мартин Райл (хотя и необъяснимо, и спорно, почему не Белл!) получили Нобелевскую премию по физике в 1974 году. Интересно, однако, что Белл и Хьюиш, конечно, не были первыми людьми, увидевшими одно из этих чудес, — их опередила одна древняя цивилизация, которая стала свидетелем рождения такого чуда почти тысячу лет назад.

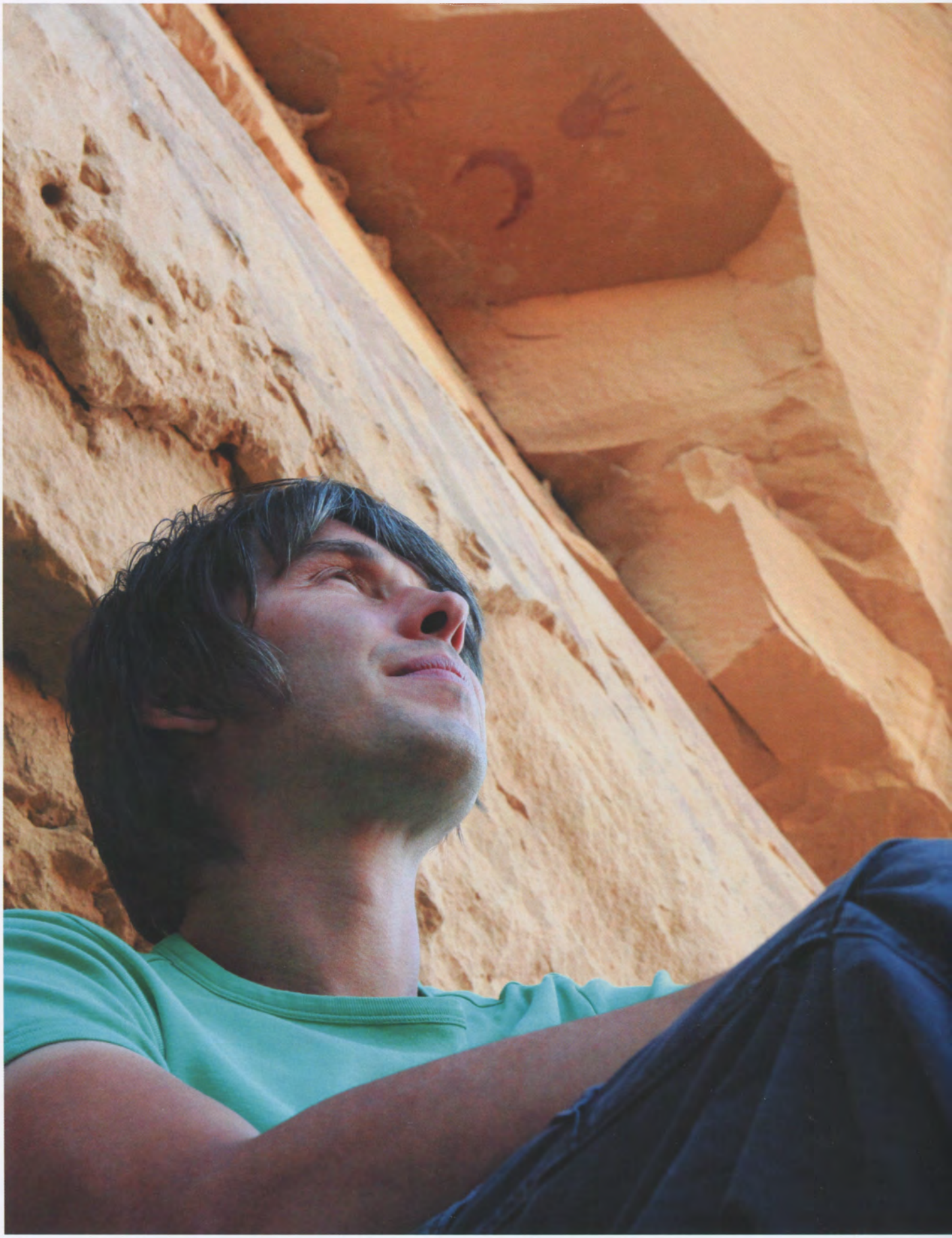
СЛЕВА: Этот мозаичный снимок, сделанный Космическим телескопом НАСА Хаббл — Крабовидная туманность, расширяющийся остаток взрыва сверхновой звезды. Китайские астрономы записали это жестокое событие в июле 1054 года, тогда же его заметил и народ каньона Чако в Нью-Мексико.

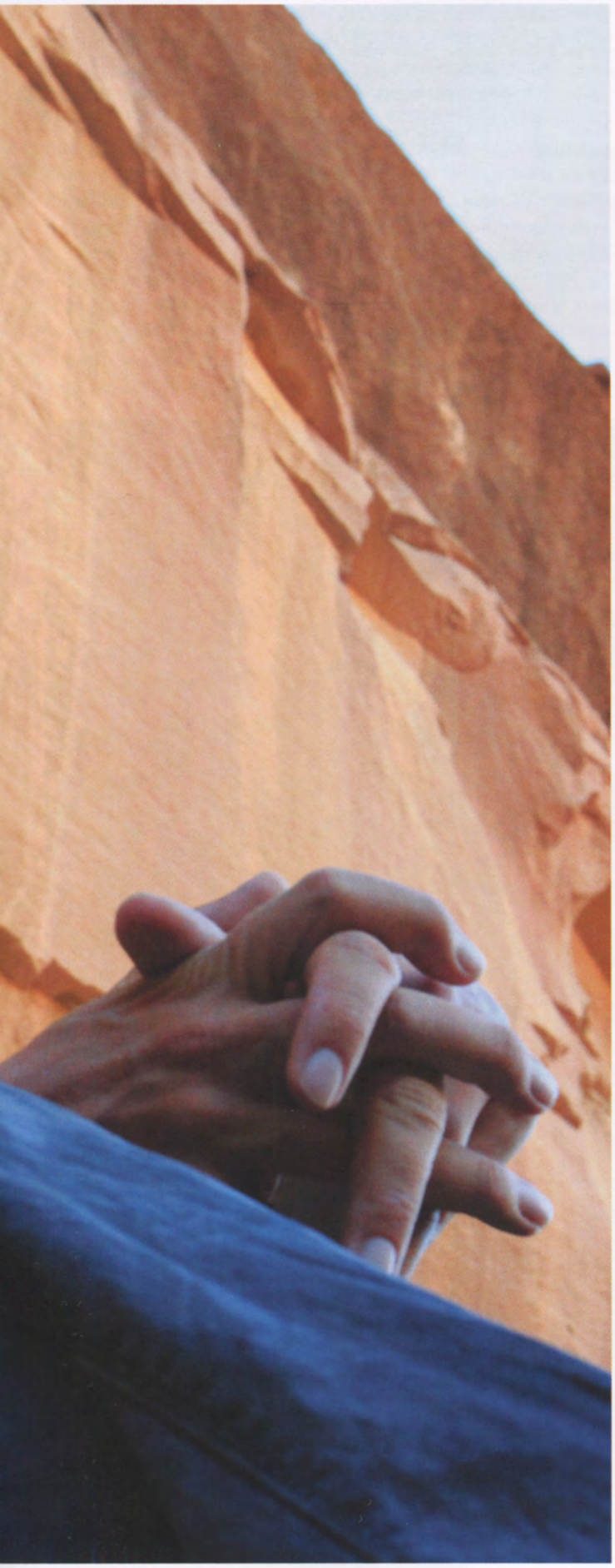
НАВЕРХУ: В ничем не примечательном маленьком каньоне Чако среди породы была обнаружена картина, которая, вероятно, изображает взрыв звезды, создавший Крабовидную туманность.

КАНЬОН ЧАКО

Тысячу лет назад, между 900 и 1150 годами нашей эры, великая цивилизация построила серию огромных каменных сооружений, известных как Великие Дома, на дне засушливого каньона Чако в Нью-Мексико. Эти здания оставались крупнейшими искусственными постройками в Северной Америке вплоть до девятнадцатого века. Самое большое из них содержит более 700 комнат, многие из которых остаются нетронутыми. Известно, что эти здания, как ни странно, не использовались в качестве постоянного места жительства, потому что они не содержат никаких следов огня, приготовления пищи или костей животных. Судя по всему, они имели церемониальный характер. Некоторые археологи полагают, что архитектура каньона, в том числе его точно выровненная и сложная дорожная система, была разработана, чтобы символизировать ритуальное соблюдение его статуса не только как центра местной культуры, торговли и религии, но и как центра Вселенной. Дороги и здания в каньоне и, конечно, в прилегающих районах, кажется, должны были быть согласованы с компасом; было высказано предположение, что на них были отмечены важные моменты в годовом цикле Солнца, например, летнее и зимнее солнцестояния. Трудно сказать наверняка, что все замеченные особенности каньона были результатом преднамеренных действий аборигенов, но известно, что чакоанский народ был склонен наблюдать небеса и обладал очень сложной и почти научной космологией, наряду с историями о создании созвездий и самой Вселенной.

Причиной нашего визита сюда стала одна конкретная стена, скрытая в миле от основной руины. Я знал о ней и хотел сюда приехать, когда был еще маленьким мальчиком. Я понятия не имел, где находится каньон Чако, но я знал о существовании небольшой, ничем не примечательной росписи по нижнему скалистому выступу рядом с сухим руслом реки на другом конце света. «Космос» Карла Сагана, книга и телесериал, познакомили меня с чудесами Вселенной. В главе «Жизнь звезд» есть небольшая черно-белая фотография картины, изображающей три символа: отпечаток руки, полумесяц и яркую звезду. Известно, что картина была сделана около 1054 года, а это был год одного из самых зрелищных астрономических событий в истории человечества. 4 июля 1054 года «неподалеку» от нас взорвалась звезда. Китайские астрономы записали точную дату этого события, и чакоанцы, конечно, тоже видели это, потому что взрыв был виден даже при дневном свете в течение трех недель, а затухание новой звезды оставалась видимым ночью невооруженным глазом в течение двух лет. В мире доминировало небо: это было странное и магическое зрелище, возможно, замечательное, возможно, страшное, —





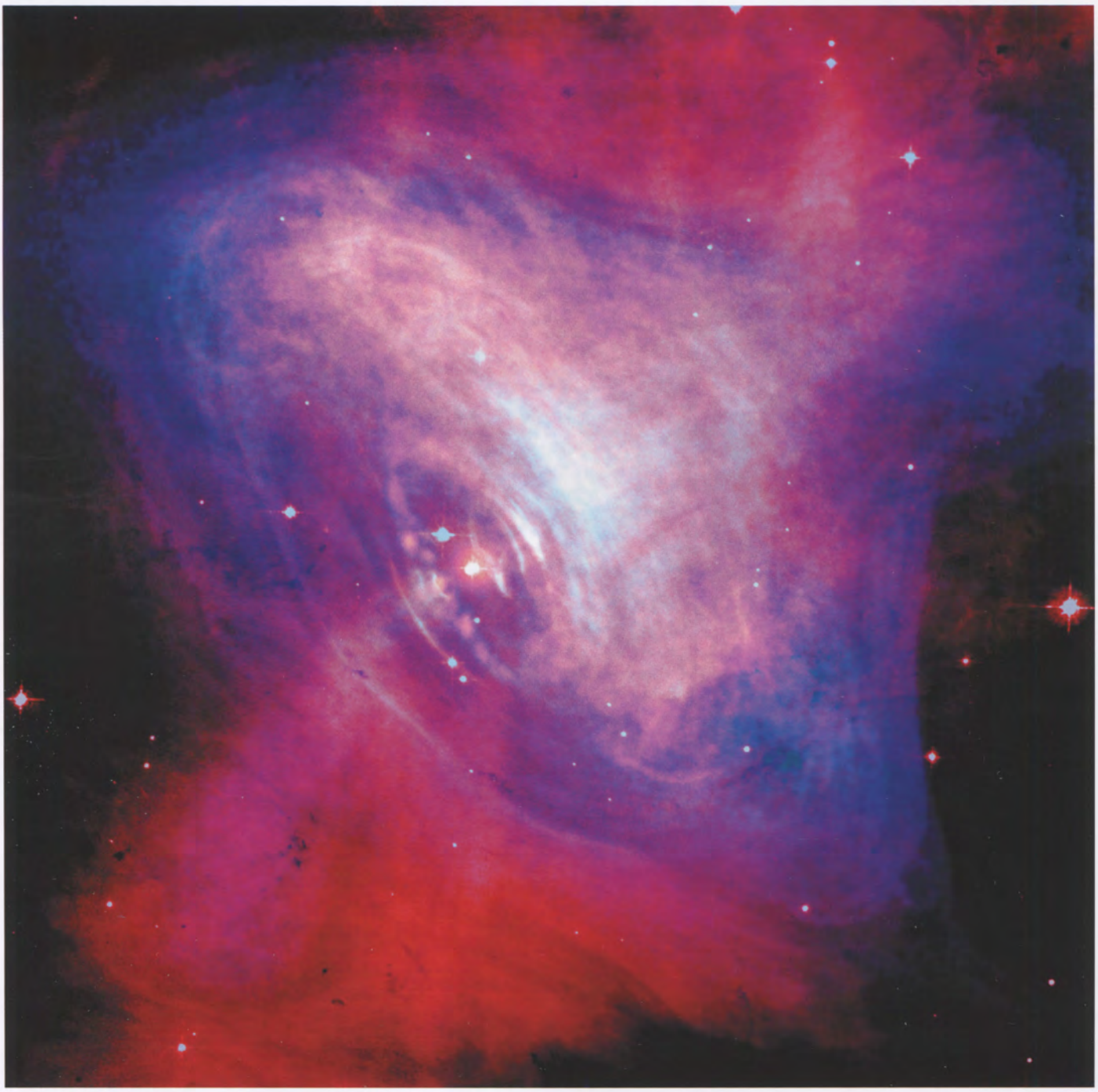
Помимо точно не датированных живописных свидетельств, лучшее доказательство того, что это — действительно летопись событий, записанных китайскими астрономами, является совпадение рисунков с тем, что можно увидеть в действительности. Каждые 18,5 лет Луна и Земля возвращаются на ту же позицию, на которой они были в ночь на 4 июля 1054 года. Если в один из этих редких вечеров вы придете в каньон Чако и встанете рядом с рисунками, проходящая мимо Луна займет то положение на небе, на которое указывает отпечаток руки. В этот момент слева от Луны, точно так, как это изображено на рисунке, вы увидите Крабовидную туманность.

СЛЕВА: Через каждые 18,5 лет вы можете посещать руины Великих Домов каньона Чако и созерцать очаровательные лики скал, выстроившихся на дне этой засушливой долины. Это идеальное место и точное время, чтобы увидеть Крабовидную туманность во всей ее красе.

нам остается только гадать. Мы знаем, где точно в небе произошел взрыв, потому что его последствия сегодня представляют собой одно из самых известных и красивых явлений в небе — Крабовидную туманность.

Взрыв 4 июля 1054 года был сверхновой — насильственной смертью массивной звезды. Ожидается, что в среднем должно быть около одной сверхновой в нашей галактике каждое столетие. Эта была почти в опасной близости от нас — всего в 6 000 световых лет от Земли. Крабовидная туманность — это быстро расширяющиеся останки звезды, которая когда-то была приблизительно в десять раз большей массы, чем наше Солнце. Всего лишь за тысячу лет облако светящегося газа разрослось до 11 световых лет в диаметре, и оно все еще расширяется со скоростью 1500 километров в секунду. В центре светящегося облака находится обнаженное звездное ядро — это все, что осталось от когда-то массивного солнца. Оно может выглядеть не очень большим, если смотреть на него через оптический телескоп, но направьте на него радиотелескоп, и вы обнаружите радиосигнал, пульсирующий с частотой точно 30,2 раза в секунду. Джослин Белл и ее коллеги наблюдали в 1967 году именно такой объект. Команда Кембриджа слушала не «маленьких зеленых человечков», она слушала необычайные звуки быстро вращающейся нейтронной звезды — пульсара.

Нейтронные звезды — поистине одни из самых странных миров во Вселенной, они — последняя битва материи против неустанной силы гравитации. На протяжении большей части жизни звезды ее внутреннее гравитационное притяжение уравновешивается внешним дав-



НАВЕРХУ: Расположенная на расстоянии примерно 6 000 световых лет от Земли, Крабовидная туманность — это остаток звезды, которая взорвалась как сверхновая в 1054 году. На этом снимке, сделанном космическим телескопом Хаббл, виден центр туманности в беспрецедентных деталях.

СПРАВА: Это композитное изображение Крабовидной туманности представляет собой наложенные друг на друга рентгеновское (синий) и оптическое (красный) изображения. Это постоянно расширяющееся и, пожалуй, самое известное и заметное в своем роде облако газа.

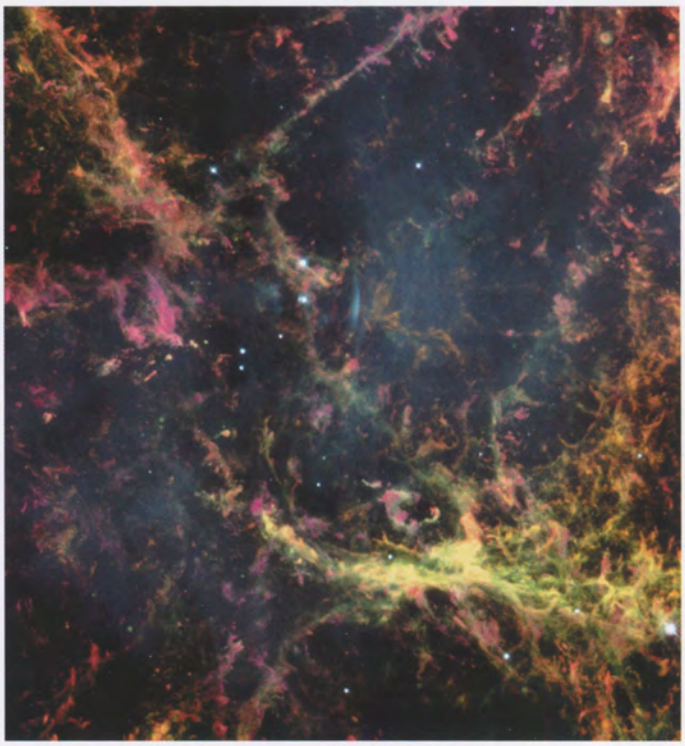
Крабовидная туманность — это быстро расширяющиеся останки звезды, которая когда-то была приблизительно в десять раз больше массы нашего Солнца; всего лишь за тысячу лет облако светящегося газа разрослось до 11 световых лет в диаметре, и оно все еще расширяется со скоростью 1500 километров в секунду.

лением, вызванным энергией, выделяющейся при ядерных реакциях синтеза в ее ядре. Когда топливо заканчивается, звезда взрывается, оставляя после себя ядро. Но что мешает этим звездным остаткам коллапса в дальнейшем разрушиться под собственным весом? Ответ кроется не в физике звезд, а в мире субатомных частиц.

Ответ на вопрос о том, что останавливает саморазрушение нормальной материи под действием собственной тяжести, на удивление, был дан только в 1967 году, когда физики Фриман Дайсон и Эндрю Ленард доказали, что стабильность материи зависит от квантовомеханического эффекта, называемого принципом запрета Паули. В природе существует два типа частиц, которые отличает друг от друга свойство вращения. В этом заключается причина как устойчивости атомов, так и возникновения в них химических реакций. Электроны занимают различные оболочки вокруг ядра атома, и чем больше к ним добавляется электронов, тем дальше они уходят от ядра по орбите. Только поведение внешних электронов определяет химические свойства элемента. Без принципа запрета все электроны скапливаются на максимально возможной низкой орбите; там не происходит никаких сложных химических реакций и, следовательно, не может появиться сложная органическая материя, а с ней и человек.

Если вы попытаетесь сдавить атомы, вы сольете вместе их электронные облака, пока в какой-то момент все электроны не займут одно и то же место (правильнее было бы сказать: примут одно и то же квантовое состояние). Это недопустимо и приводит к возникновению эффективной силы, которая помешает вам и дальше давить на атомы. Эта сила называется давлением электронов вырождения, и она очень мощная.

Но что произойдет, если вы продолжите строительство более массивных белых карликов, еще больше увеличивая



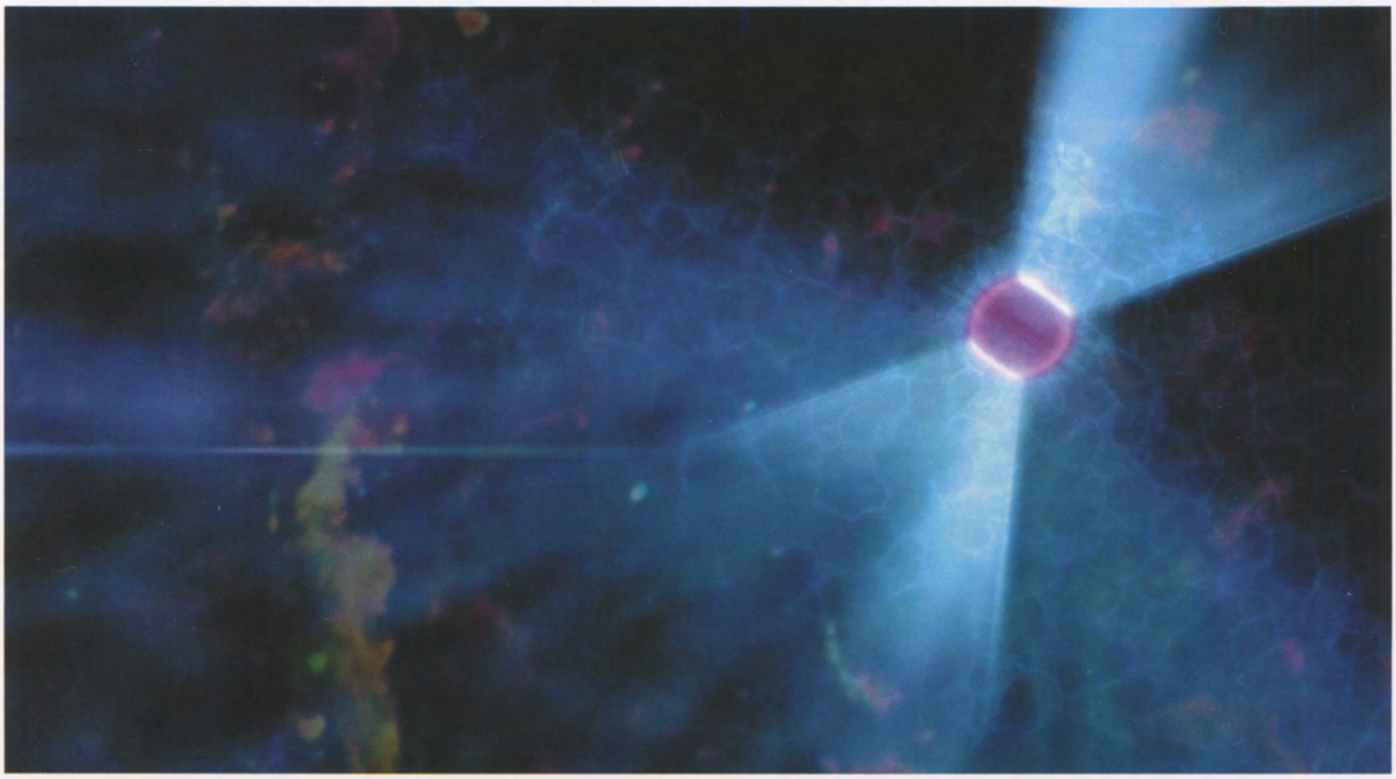
силу гравитации? Великий индийский астрофизик Субрахманьян Чандрасекар нашел ответ в одном из ориентиров, которые в первые годы использовались при расчетах квантовой теории. В 1930 году Чандрасекар доказал, что давление электронов вырождения может предотвратить крах белых карликов с массой до 1,38 раз больше массы нашего Солнца. При больших массах электроны не будут поддаваться гравитации и приближаться друг к другу, потому что не смогут.

Они, конечно, не исчезнут, потому что они несут такие свойства, как электрический заряд, который не может быть ни создан, ни уничтожен. Вместо этого интенсивная сила гравитации создаст благоприятные условия для слияния их с протонами в ядрах атомов, образуя нейтроны. Для умирающей звезды с массой выше предела Чандрасекара — это единственный вариант: все ядро превращается в плотный шар из нейтронов.

Типичное ядро нейтронной звезды, которое содержит практически всю ее массу, примерно в сто тысяч раз меньше в диаметре, чем атом, остальное составляют

ВНИЗУ: Это компьютерное моделирование показывает пульсар, излучающий радиацию вращающейся нейтронной звезды. Первый пульсар наблюдался в 1967 году, реальный его механизм все еще является предметом интенсивных теоретических и экспериментальных исследований.

СПРАВА: Телескоп Ловелла в Джодрелл Банк Центре астрофизики помог сделать захватывающее открытие двойной системы пульсаров, о котором было объявлено в январе 2004 года.



кипящие облака электронов, которые стараются держаться подальше друг от друга в соответствии с принципом запрета Паули. Когда электроны уходят, материя стягивается в плотную массу самого ядра, а все пространство выжимается из него под действием гравитации, оставляя невероятно плотный «ядерный мяч». Материя нейтронной звезды настолько плотная, что только один сахарный кубик там весил бы больше, чем гора Эверест на Земле.

Анатомия нейтронных звезд до сих пор недостаточно исследована, но они, безусловно, гораздо сложнее, чем просто шар нейтронов. Гравитация на их поверхности порядка 100 000 000 000 G, что немножко больше, чем я пережил в центрифуге. Поверхность, вероятно, состоит из тонкой корки железа и некоторых более легких элементов, но плотность нейтронов увеличивается по мере углубления в массу ядра. Глубоко в ядре температура может быть настолько велика, что там могут существовать более экзотические формы материи, такие как кварк-глюонная плазма — экзотическая форма предварительной ядерной материи, которая существовала во Вселенной несколько миллионных долей секунды после Большого Взрыва.

Многие из этих миров имеют интенсивные магнитные поля и очень быстро вращаются. Магнитные силовые линии, которые напоминают магнитный стержень, сдвигаются вращением звезды, и если магнитная ось наклонена по отношению к оси вращения, это приводит к тому, что два пучка высокой энергии излучают радиацию, как лучи маяка.

В январе 2004 года астрономы с помощью телескопа Ловелла в Джодрелл Банк Центре астрофизики неподалеку от Манчестера и телескопа Паркс Радио в Австралии совершили открытие двойной системы пульсаров, — безусловно, одного из самых невероятных чудес Вселенной. Система состоит из двух пульсаров, один — с периодом вращения 23 тысячные доли секунды, другой — с периодом 2,8 секунды. Они обращаются вокруг друг друга каждые 2,4 часа. Диаметр их орбиты настолько мал, что вся система комфортно поместилась бы внутри нашего Солнца. Пульсары представляют собой невероятно точные часы, что позволяет астрономам использовать эту систему для проверки теории гравитации Эйнштейна в самых экстремальных условиях. Представьте себе интенсивные деформации и изгибы пространства и времени рядом с этими двумя массивными вращающимися нейтронными звездами. Примечательно, что, пожалуй, в самом мощном и красивом испытании физической теории была предсказана общая теория относительности Эйнштейна: лучшая на данный момент теория гравитации была подтверждена в двойной системе пульсаров с точностью до 0,05 процента. Насколько велик человеческий интеллект, какой он обладает мощью и как он прекрасен! Человек, живший на рубеже XIX-XX веков, мог разработать теорию гравитации, вдохновляясь своими сосредоточенными размышлениями о падающих камнях и лифтах, то есть он смог объяснить совершенно точно движение большинства чужеродных объектов во Вселенной в самых экстремальных условиях. Вот почему я люблю физику. ◉

ЧТО ТАКОЕ ГРАВИТАЦИЯ?

ВНИЗУ: Непредсказуемая орбита Меркурия создала реальные проблемы для ученых, исследовавших теорию гравитации Ньютона в Солнечной системе.

Рассмотрим еще раз знаменитое уравнение Ньютона:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Давайте скажем, что $м_1$ - это масса Земли, а $м_2$ - масса камня, падающего на Землю. Теперь посмотрим на другое уравнение Ньютона: F = ma, которое можно записать с небольшой математической перестройкой как F/m. Это второй закон Ньютона: ускорение (a) камня равно применяемой к нему силе (F), разделенной на его массу (m). Масса камня в этих двух уравнениях (помеченная m_2 в первом уравнении и m - во втором), одна и та же. Это означает, что когда вы вырабатываете ускорение, масса камня сокращается, и вы получаете ответ, который зависит только от массы Земли, - знаменитые 9,81 м/с за секунду. Существует еще одно важное допущение, которое здесь не имеет никакого обоснования, кроме того факта, что именно так все и про-

ПОЧЕМУ ПРЕДМЕТЫ ПАДАЮТ С ОДИНАКОВОЙ СКОРОСТЬЮ?

исходит: почему эти две массы будут одинаковыми? Может быть, инертная масса, которая отображается в формуле F=ma и объясняет, как тяжело что-либо ускорить, не имеет ничего общего с гравитационной массой, которая расскажет вам, как гравитация действует на что-либо? Это очень важный вопрос, и Ньютон не смог ответить на него.

Имея красивую модель для расчета того, как вещи перемещаются под действием силы гравитации, Ньютон фактически ничего не говорит о том, что же такое гравитация. Он, конечно, знал это. Вспомните его знаменитое высказывание, что гравитация есть дело Божие!

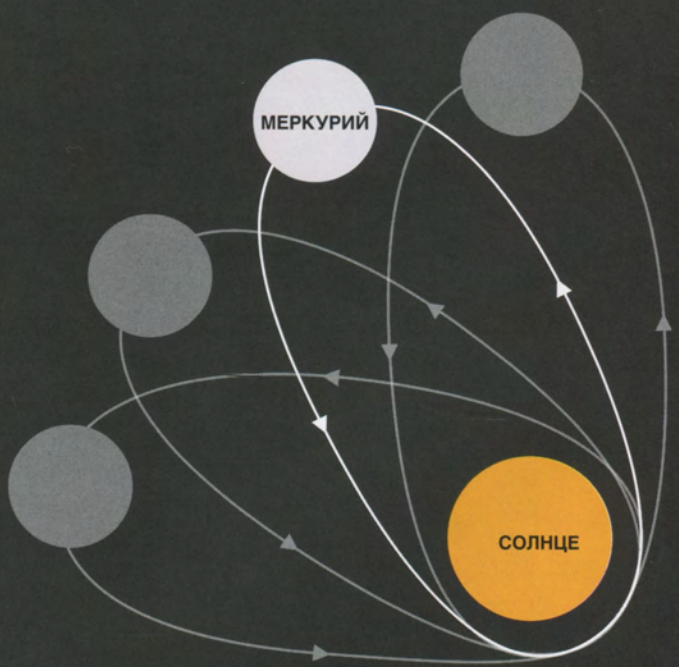
Если теория способна объяснить каждую часть данных наблюдения, очень трудно понять, как заменить ее лучшей теорией. Однако это не помешало Альберту Эйнштейну, который очень много размышлял об эквивалентности гравитационной и инертной массы и связанной с ней эквивалентности ускорения и силы гравитации. В начале XX века, после своего большого успеха со специальной теорией относительности в 1905 году, которая включала и его знаменитое уравнение $E=mc^2$, Эйнштейн начал разрабатывать новую теорию гравитации, которая помогла бы сформулировать более глубокое объяснение его предположений.

Хотя у Эйнштейна не было личной заинтересованности, ему, конечно, было известно, что с теорией Ньютона существуют проблемы явно не философского характера. Особенно настораживало проблемное поведение одного каменного шара, который находился более чем в 77 миллионах километров (48 миллионах миль) от Земли.

Планета Меркурий была источником восхищения в течение тысяч лет. Эту ближайшую к Солнцу планету истязают самые экстремальные температурные изменения в Солнечной системе. За Меркурием трудно наблюдать с Земли, поскольку он расположен слишком близко к Солнцу. Но иногда планеты выравниваются так, что Меркурий проходит прямо по диску видимого с Земли Солнца. Эти перемещения Меркурия - одно из величайших астрономических представлений, происходящих лишь 13 или 14 раз в столетие. У Меркурия самая эксцентрическая орбита во всей Солнечной системе. В самой близкой точке своей орбиты Меркурий проходит всего в 46 миллионах километров (28 миллионах миль) от Солнца, в самой дальней - более чем в 69 миллионах километров (42 миллионах миль). Эта высокоэллиптическая орбита означает, что скорость движения этой планеты по орбите сильно варьируется, а это, в свою очередь, значит, что необходима очень высокая точность измерений, чтобы сопоставить ее движение по орбите и составить прогноз ее будущего перемещения. На протяжении XVII и XVIII веков ученые собирались со всего мира, чтобы наблюдать редкие проходы Меркурия по диску Солнца. Они использовали закон всемирного тяготения Ньютона, чтобы точно предсказать, когда и где они смогут наблюдать это зрелище, но Меркурий стал источником научного восхищения и немалого смущения, когда раз за разом не появлялся «по сигналу» в том месте, где его ждали. Планета регулярно пересекала диск Солнца значительно позже, чем ожидалось, иногда на несколько часов.

Необычная орбита Меркурия была реальной проблемой, и из-за неопределенности наблюдений она оставалась такой вплоть до 1859 года, когда французский астроном Урбан Леверье доказал, что детали орбиты Меркурия не могут быть полностью объяснены ньютоновской теорией гравитациии. Некоторые астрономы считали, что должна существовать другая планета, вращающаяся между Солнцем и Меркурием. Эта планета должна быть невидимой для наших телескопов, но она должна оказывать дотаточно большое гравитационное воздействие, чтобы «мешать» Меркурию равномерно перемещаться по своей орбите. Воодушевленные недавним открытием планеты Нептун, основанном на аналогичной аномалии в движении по своей орбите Урана, они назвали Вулкан планетой-призраком. ◉

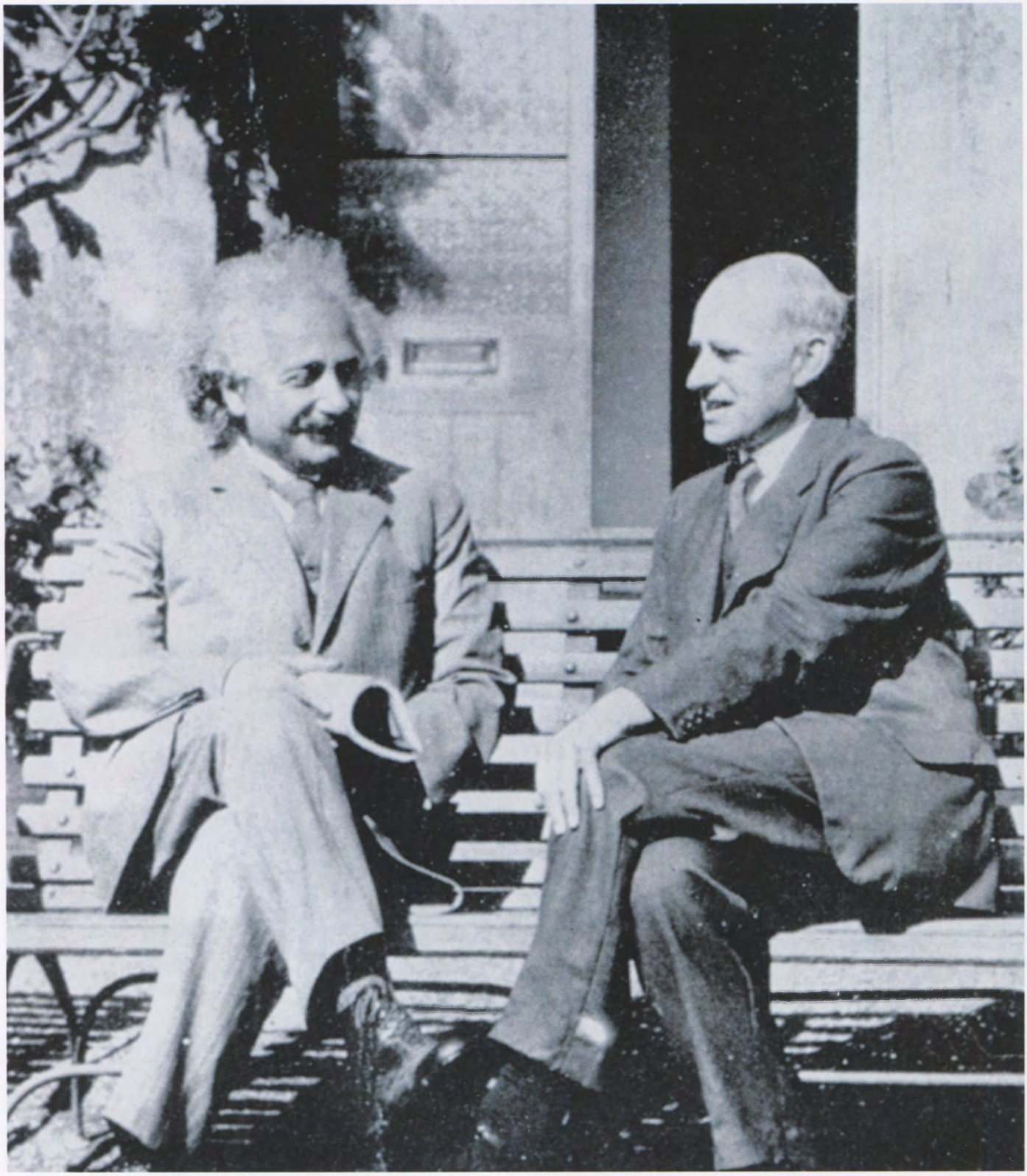
ВРАЩЕНИЕ МЕРКУРИЯ ВОКРУГ СОЛНЦА



На протяжении десятилетий астрономы искали Вулкан, но не нашли. Причина этого заключается в том, что Вулкана не существует. Ошибки в прогнозах на самом деле говорят о чем-то гораздо более глубоком: теория всемирного тяготения Ньютона ошибочна.

СПРАВА: На картине изображены впечатления художника о гипотетической планете Вулкан, которая, как когда-то верили, должна была вращаться в поясе астероидов ближе к Солнцу, чем Меркурий. Вулкан якобы впервые увидел астроном-любитель Лескарбо 26 марта 1859 года, но дальнейшие наблюдения были неубедительными, и Вулкан позже был признан планетой-призраком.

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ЭЙНШТЙНА



СЛЕВА: Родившийся в Германии физик Альберт Эйнштейн (слева) создал знаменитую теорию относительности. Затем британский астрофизик Артур Эддингтон (справа) подверг эту теорию испытаниям и подтвердил ее достоверность.

Эйнштейну понравилась бы «рвотная комета». Тот факт, что влияние гравитации может быть полностью нейтрализовано свободным падением в гравитационном поле, для него был лишь мыслительным экспериментом, который привел его к теории относительности. Как было бы замечательно, если бы он мог испытать то же, что испытал я! Я говорю это потому, что когда я плыл рядом с моим маленьким пластиковым Альбертом в «рвотной комете», я очень глубоко прочувствовал, почему Эйнштейн так интересовался свободным падением. Дело вот в чем: внутри самолета, падающего к Земле, абсолютно невозможно сказать, что вы движетесь. Нельзя сказать, что вы находитесь близко к планете. Нельзя сказать, что, по мнению кого-то, стоящего на земле, вы ускоряетесь со скоростью 9,81 м/с за секунду. Вы просто плаваете рядом со всеми остальными в самолете. Я вылил немного воды из бутылки, и капельки поплыли у меня перед лицом; рядом плавали оператор, режиссер, капельки воды, маленький пластиковый Альберт и я. Это была самоочевидно не сила, действующая на что-нибудь вообще, иначе бы все перемещалось.

Но с точки зрения кого-то, стоящего на земле, мы летели по параболической дуге, двигаясь вперед в воздухе на скорости сотен миль в час и ускоряясь точно по направлению к земле. Сила тяжести, несомненно, присутствует в этом описании. Теория Эйнштейна исходит из того, что эти два взгляда на «рвотную комету» — изнутри и снаружи — следует рассматривать как эквивалентные. Никто внутри самолета или снаружи не вправе утверждать, что он прав, а другой — нет! Если в самолете вы не можете сделать никаких экспериментов, чтобы доказать, что вы ускоряетесь по направлению к земле, вы вполне вправе заявить об этом. Ускорение нейтрализуется гравитацией. Конечно, вы могли бы смотреть в окно, но даже в этом случае можно утверждать, что Земля ускоряется вверх по направлению к вам, а вы при этом просто плывете! С этой точки зрения каждый человек на Земле чувствует, как гравитационная сила тянет его к земле, потому что он ускоряется вверх со скоростью 9,81 м/с за секунду. Поэтому ускорение эквивалентно гравитации; это называется принципом эквивалентности, и он был очень важен для Эйнштейна.

Итак, что же такое гравитация? Объяснение лежит в восхитительно простой теории Эйнштейна: гравитация — это кривизна пространства-времени.

Технически говоря, Эйнштейн опередил «рвотную комету» определив в свое время свободное падение как инерциальную систему отсчета, иными словами, оно может законно считаться состоянием покоя, без каких-либо действующих на систему сил.

Утверждение, что пребывание в падающем самолете следует рассматривать как абсолютно эквивалентное плаванию в космосе далеко за пределами гравитационного притяжения любой планеты или луны, можно использовать для объяснения того, почему все предметы падают с одинаковой скоростью.

Почему? Просто потому, что существуют два равноценных признанных взгляда на происходящее. С точки зрения пребывания внутри самолета не происходит вообще ничего, все просто плавает без воздействия каких бы то ни было сил. Если не действуют никакие силы, то все, естественно, остается там, где было. Однако когда мы оказываемся вне самолета, все выглядит иначе: все падает на Землю, ускоряясь под действием гравитации. Но, что очень важно, в реальности ситуация не может измениться в зависимости от принятой нами точки зрения: все должно вести себя так же, как в действительности, независимо от того, как вы на это смотрите. Если пластиковый Альберт и шарики воды плавают перед моим лицом с моей точки зрения в самолете, то пластиковый Альберт и шарики воды еще лучше плавают перед моим лицом с точки зрения наблюдателя за пределами самолета. Другими словами, мы всё стремительнее ускоряемся по направлению к земле, и все — с одинаковой скоростью! Обратите внимание на то, что мы не сделали никаких предположений об эквивалентности гравитационной и инертной масс; здесь мы только сказали, что свободно падающий ящик в гравитационном поле Земли ничем не отличается от свободно падающего ящика в космосе или любого свободно падающего ящика в любом месте Вселенной около любой планеты, любой звезды или любой луны.

Итак, что же такое гравитация? Объяснение лежит в восхитительно простой теории Эйнштейна: гравитация — это кривизна пространства-времени. Что такое пространство-время? Пространство-время — это ткань самой Вселенной.

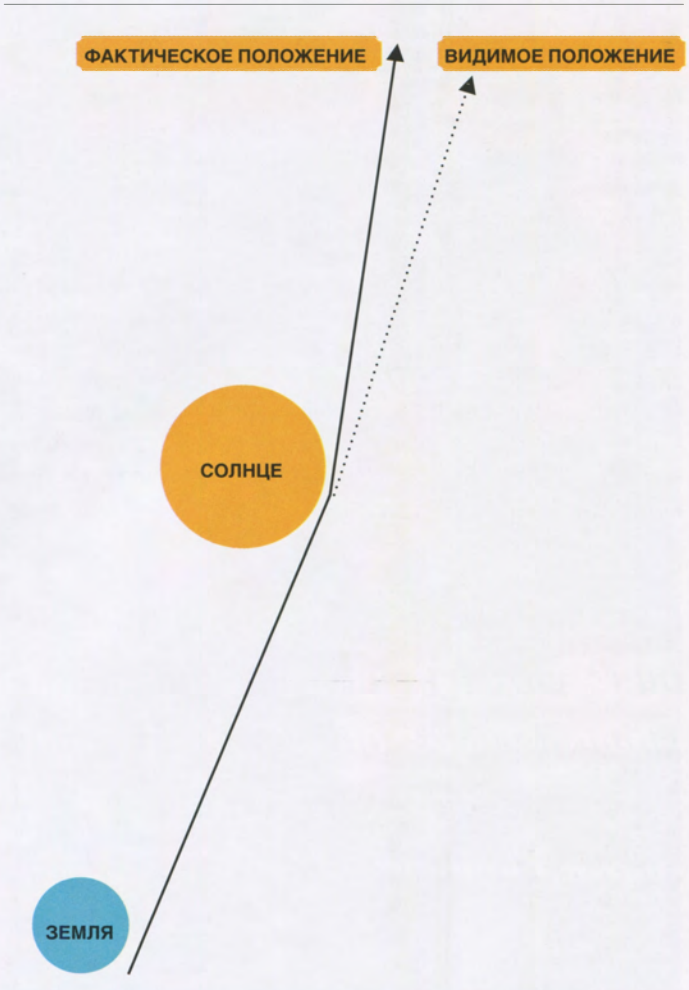
СПРАВА: Поскольку свет не имеет массы, теория Ньютона утверждает, что он не зависит от гравитации, хотя наблюдения показывают его нам таким, каков он есть.

Хороший способ представить пространство-время и его кривизну — просто подумать о поверхности Земли. Наша планета имеет двумерную поверхность, которая может объяснить вам, что нужно всего лишь два числа, чтобы определить любую точку на ней: широта и долгота. Поверхность Земли изогнута в сферу, но вам не нужно знать, как передвигаться по ней и переходить с места на место. Мы можем представить кривизну, поскольку мы, к счастью, думаем в трех измерениях, так что мы можем реально увидеть, что поверхность Земли искривляется. Но представьте себе, что мы — двумерные существа, ограниченно двигающиеся по поверхности Земли и абсолютно без какого-либо представления о третьем измерении. Мы ничего не знаем о верхе и низе, только о широте и долготе. Тогда нам было бы весьма трудно представить кривизну поверхности нашей планеты.

Теперь давайте расширим нашу аналогию, чтобы увидеть, как кривизна чего-либо может привести к силе. Представьте себе, что пара двумерных друзей стоят на экваторе и решают отправиться в путешествие на север. Они решают идти параллельно друг другу с намерением никогда не натыкаться друг на друга. Если они оба продолжат идти вперед по параллельным линиям долготы, то чем ближе они подойдут к Северному полюсу, тем они будут ближе друг к другу. В конце концов, когда они достигнут Северного полюса, они столкнуться друг с другом! Как трехмерные существа, мы можем понять, что произошло: поверхность Земли изогнута, поэтому все линии долготы встречаются на полюсах. Тем не менее, с точки зрения наших двумерных друзей, хотя они и продолжали усердно идти по своим параллельным линиям, они все же таинственно сблизились. Они могут, конечно, заключить, что сила, действующая между ними, привлекала их друг к другу. В теории Эйнштейна это сила гравитации.

Небольшая сложность в общей теории относительности Эйнштейна лежит на поверхности: нам приходится думать о том, что пространство-время не двумерное, а четырехмерное. Оно представляет собой соединение знакомых нам трех измерений пространства плюс дополнительно прибавленное к ним измерение времени. Потребуется слишком далеко отойти от нашей истории, выбранной для изучения пространства-времени в подробностях, но это оказалось необходимым для Эйнштейна и других в начале XX века, чтобы объяснить, в частности, поведение света и форму уравнений Максвелла, с которыми мы познакомились в первой главе. Достаточно сказать, что поверхность нашей Вселенной, на которой мы все живем, — четырехмерна. Эйнштейн доказал, что наличие материи и энергии — в виде звезд, планет и лун — искривляет поверхность пространства-времени, искажая его в «холмы» и «долины». Его уравнения описывают, какой именно форма пространства-времени должна быть около какого-либо конкретного объекта, например, около Солнца. Уравнение описывает, как все вокруг него движется по искривленной поверхности. Как и наши двумерные друзья, предметы движутся по прямой линии, но точно так же, как и в примере с нашими двумерными друзьями, все будет выглядеть совсем не так, если вы не знаете, что пространство искривляется. Когда вы двигаетесь по искривленной поверхности, кажется, что сила, действующая на вас, искажает ваш путь. Первое, что сделал Эйнштейн с помощью своей новой геометрической теории гравитации, — вычислил, каким прямолинейный путь Меркурия сквозь искривленное пространство-время вокруг Солнца будет виден нам, оказавшимся на поверхности этого пространства-времени. К своей радости, он обнаружил, что Меркурий будет вращаться вокруг Солнца именно так, как он был виден на протяжении веков наблюдений. Там, где не справился Ньютон, Эйнштейн преуспел.

ГОЛОВОЛОМКА ГРАВИТАЦИИ



На языке общей теории относительности мы могли бы сказать, что благодаря наличию на Земле изгибов пространства-времени, время здесь проходит медленнее, чем далеко от Земли.

Эйнштейн нашел совершенно геометрический способ описания силы гравитации, и он, на удивление, весьма элегантен. Он не только сумел предсказать орбиту Меркурия, но и предоставил нам весьма увлекательное объяснение принципа эквивалентности. Почему все предметы падают с одинаковой скоростью в гравитационном поле независимо от их массы или состава? Потому что путь, который они проделывают, не имеет вообще ничего общего с ними — они просто следуют прямолинейному пути через искривленное пространство-время.

Возможно, самое поразительное проявление этого — искривление света под действием силы гравитации. Свет не имеет массы, и поэтому в теории Ньютона он вообще не должен зависеть от гравитации. Однако, согласно теории Эйнштейна, то, что он не имеет массы, совершенно не важно, он все равно будет следовать через искривленное пространство-время по тому же пути, что и все остальные предметы. Давайте сделаем мысленный эксперимент, чтобы увидеть, насколько это странно. Встаньте на земле (на очень, очень большой планете — я потом объясню, почему я сейчас сказал об этом!) с камнем в одной руке и лазером в другой. Направьте лазер горизонтально, бросьте камень и стреляйте из лазера. Что упадет на землю первым? Они упадут одновременно, потому что оба пройдут через одно и то же искривленное пространство.

Свет в гравитационном поле падает с той же скоростью, что и все остальное. Здесь есть один нюанс. Почему я сказал об очень, очень большой планете? Потому что свет движется со скоростью почти 300 тысяч километров в секунду, так что если камень не сразу упадет на землю, не сразу упадет и свет. Но к тому времени, когда он пролетит 300 тысяч километров в горизонтальном направлении, он достигнет земли, а на Земле это будет означать, что поверхность планеты уже давно изогнулась! Тем не менее, принцип остается в силе.

Подумайте ради интереса, что произойдет, если вы выстрелите из лазера прямо в землю? Свет может передвигаться только с одной и той же скоростью, он не может ускориться, поэтому он будет двигаться по отношению к земле со скоростью ровно 299 792 458 метров в секунду. Но разве он не должен ускориться, падая со скоростью 9,81 м/с за секунду? Нет, не должен, потому что он всегда движется со скоростью ровно 299 792 458 метров в секунду. Так что же происходит? Очевидно, энергия света может меняться, хотя скорость его меняться не может. Свет смещается в сторону синей части спектра, когда летит к земле, и получает энергию от падения на нее. То есть длина его волны становится короче с увеличением его частоты. Экспериментальный факт, который вызвал все эти рассуждения, заключается в том, что гравитационная и инертная массы объектов одинаковы. Эйнштейн дает этому такое объяснение: гравитация — это результат искривления пространства-времени. Теория Эйнштейна может служить точной моделью мира, как и теория Ньютона. Но чтобы по-настоящему проверить теорию Эйнштейна, нам нужно побывать в местах, где сила гравитации становится исключительно мощной. ◉

ВО ТЬМЕ

Успех общей теории относительности Эйнштейна — одно из величайших человеческих достижений, и, на мой взгляд, ее будут помнить до тех пор, пока у цивилизации есть хоть какое-нибудь стоящее призвание к приобретению новых знаний о мире. Но в истории изучения гравитации есть и финальный сюжетный поворот, так как замечательная теория Эйнштейна сама предсказывает свою кончину.

Крах нейтронной звезды препятствует давлению нейтронного вырождения. Нейтроны — это фермионы, как и электроны, но потому что они более массивны, чем электроны, они могут быть упакованы более плотно, прежде чем принцип Паули предупредит их следующий шаг и запретит дальнейшее сокращение пространства. Другая стабильная стартовая площадка для борьбы с гравитацией должна быть предоставлена давлением кварка вырождения, потому что кварки — тоже фермионы, но, в конечном счете, если звезды слишком массивны, гравитация разрушит даже эти фантастически плотные объекты. Считается, что предел, выше которого не может действовать известный закон физики, чтобы остановить гравитацию, примерно в три раза превышает массу Солнца. Это явление известно как предел Толмена-Оппенгеймера-Волкова. Гравитация победит остатки звезды с массой, превышающей этот предел.

В 1915 году, спустя всего месяц после того, как Эйнштейн опубликовал свою теорию относительности, физик Карл Шварцшильд нашел решение уравнениям Эйнштейна, которое теперь называют метри-

кой Шварцшильда. Метрика Шварцшильда описывает структуру пространства-времени вокруг идеально сферического объекта. Есть две интересные особенности пространства-времени Шварцшильда: одна осуществляется на определенном расстоянии от объекта, известном как радиус Шварцшильда. Но на расстоянии, которое меньше радиуса Шварцшильда, пространство и время искажаются таким образом, что все, что вскоре должно упасть на поверхность сферы, направляется внутрь ее. Это звучит странно, но помните, что пространство и время в теории Эйнштейна представляют собой одно целое. Говоря техническим языком, конусы света, возникающие внутри радиуса Шварцшильда, направляют все точки своего движения в сторону центра. Это означает, что если вы должны пересечь линию, определяемую радиусом Шварцшильда, то столь же неумолимо, как мы здесь, на Земле, маршируем в будущее, вы бы неумолимо маршировали внутрь, к объекту, изгибая пространство-время. Оттуда нет выхода, даже для света, так что вы не сможете избежать своего будущего и непременно направитесь к центру сферы. Эта поверхность, определяющая радиус Шварцшильда вокруг сферических объектов, называется горизонтом событий. Но что происходит с самим объектом? Это вторая интересная особенность метрики Шварцшильда. Давайте сначала подумаем о Солнце. Если бы вы спросили, какой радиус Шварцшильда у звезды с массой Солнца, я бы ответил, что он равен примерно 3 километрам (1 миле). Это внутри Солнца! Пожалуй, здесь нет никакой проблемы, потому что вы не можете подобраться так близко к Солнцу, фактически не оказавшись внутри него, и в этот момент вся масса вне вас уже больше не учитывается.

Черные дыры — это пленительные объекты; мы не понимаем их природы, и все же мы знаем, что они существуют. Они имеют огромное значение... Физические процессы, которые происходят в непосредственной близости от них, несомненно, фундаментальны.

Но как насчет объекта, разрушающего нейтронную звезду, делающего ее все меньше и меньше, плотнее и плотнее? Что, если бы у вас был достаточно плотный объект, чтобы иметь массу Солнца, и все же он был бы физически меньше, чем радиус Шварцшильда? Кажется, что во Вселенной есть такие объекты, — звезды, для которых даже давления нейтронного вырождения не хватит, чтобы противостоять силе гравитации. Такие объекты называются черными дырами. В самом центре черной дыры, при r = 0, метрика Шварцшильда преподнесет нам еще один сюрприз: здесь искривления пространства-времени становятся бесконечными. Иными словами, гравитационное поле становится бесконечным. Это явление называют сингулярностью. В физических теориях существование сигналов сингулярности — крайняя точка применимости теории.

Считается, что в центре нашей галактики, и, возможно, каждой галактики во Вселенной, есть сверхмассивная черная дыра. Астрономы смогли предположить ее существование благодаря точному измерению орбиты звезды S2. Она вращается вокруг мощного источника радиоволн в центре галактики, который называют Стрелец A*. Период обращения S2 составляет чуть более 15 земных лет, что делает ее самым быстрым известным нам объектом, достигающим орбитальной скорости около 2 процентов от скорости света. Если точный орбитальный путь объекта известен, можно рассчитать массу его материи вращения, а масса Стрельца A* огромна — она в 4,1 миллиона раз превышает массу нашего Солнца. Единственный подобный объект, — это черная дыра. Поэтому астрономы так уверены, что гигантская черная дыра находится в центре Млечного Пути.

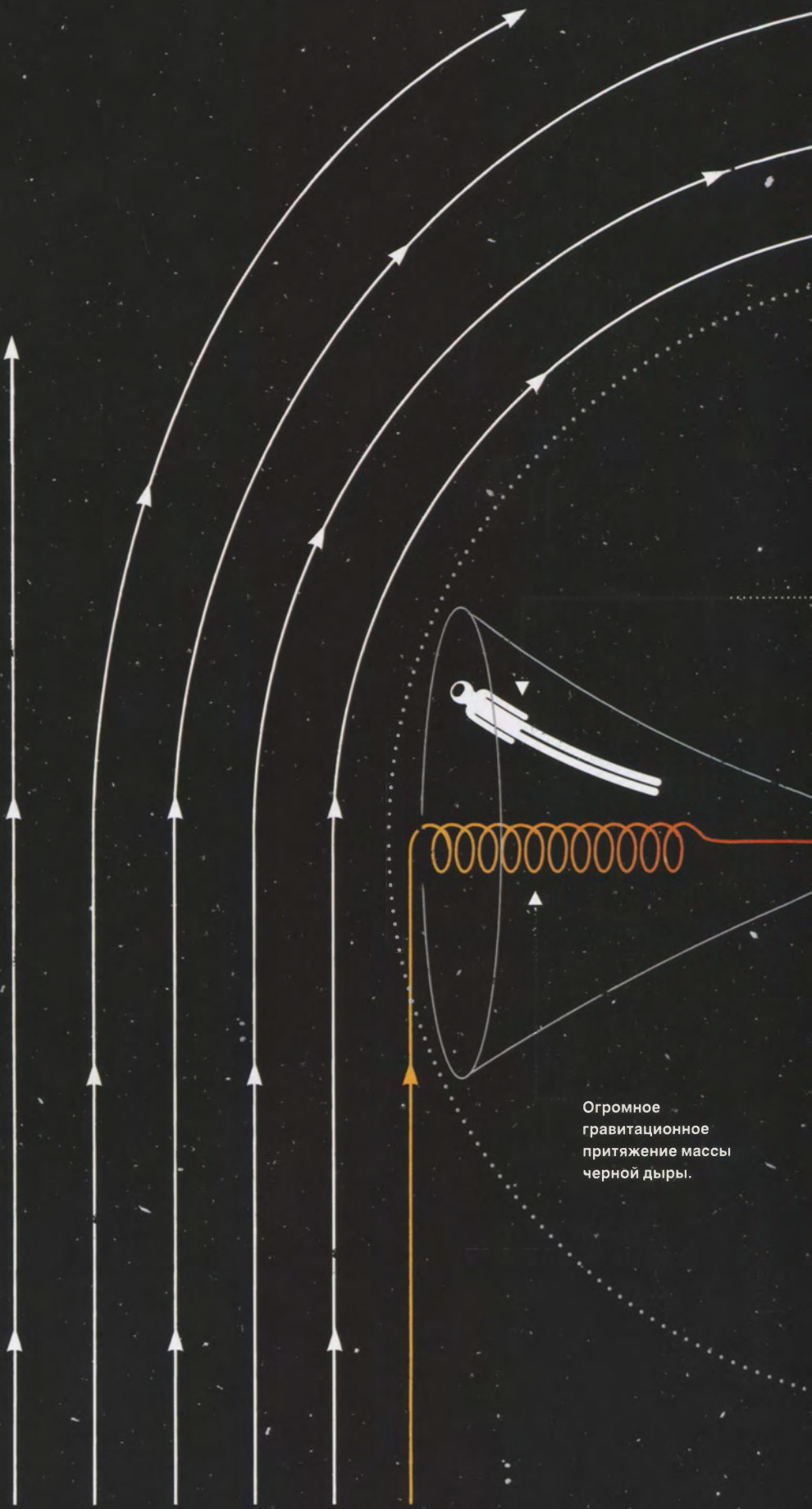
Чтобы описать эти объекты, потребуется новая теория гравитации, действительно новая теория пространства и времени. Один из «святых Граалей» наблюдательной астрономии — это поиск пульсара, вращающегося вокруг черной дыры. Такая система, безусловно, где-то существует, и возможность наблюдать за поведением таких массивных космических часов в сильно искривленном пространстве-времени вблизи черной дыры — это, безусловно, предельное испытание общей теории относительности Эйнштейна. ◉

СЛЕВА: На этом цветном рентгеновском снимке видна область вокруг черной дыры, находящейся в центре галактики Млечный Путь и известной как Стрелец A*.

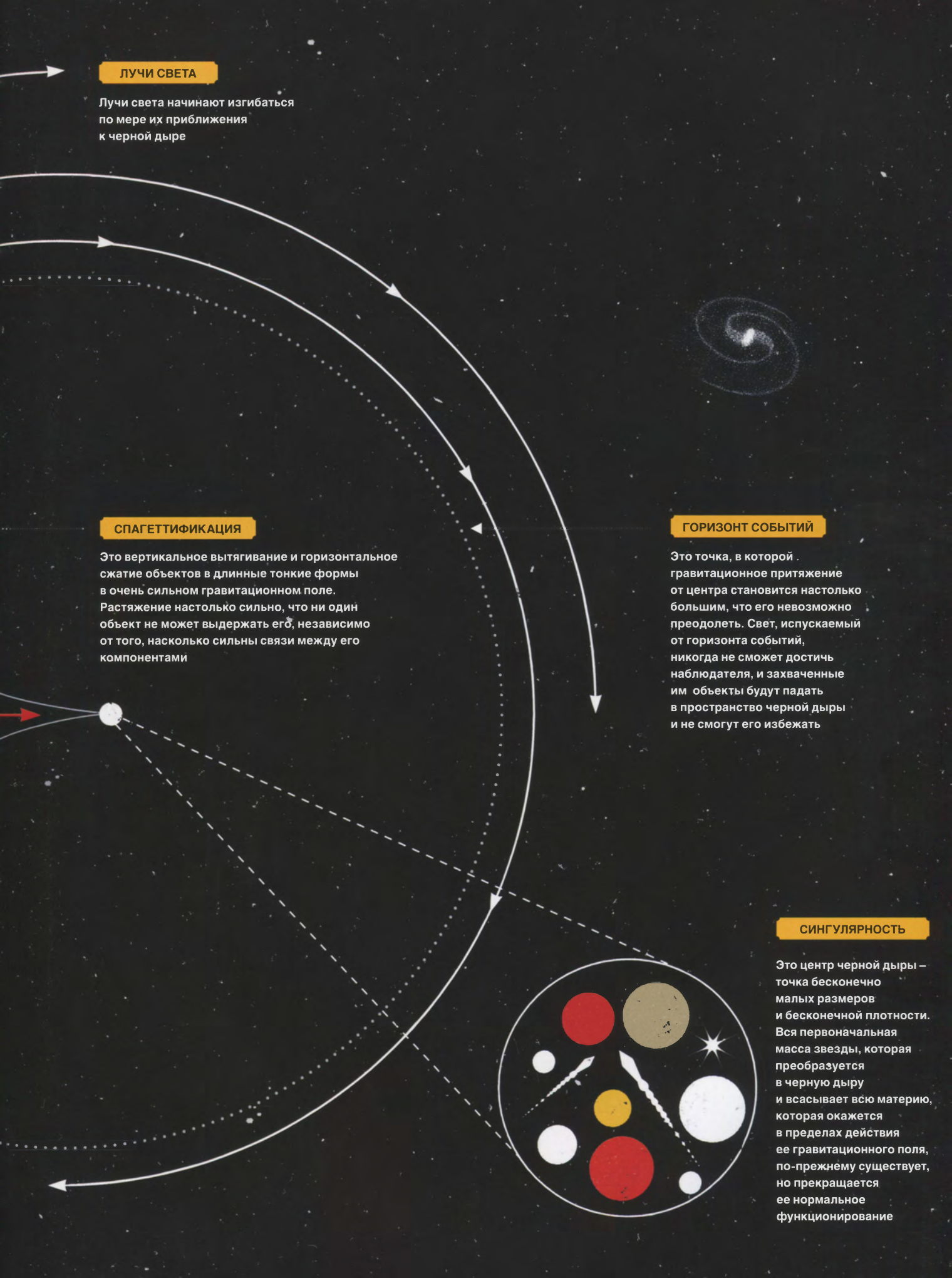
ВНИЗУ: Эта фантазия художника помогает нам представить загадочные объекты Космоса — черные дыры.

АНАТОМИЯ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ

Для всех они – тайна, но главное: мы знаем, что черные дыры существуют. Идея тела, настолько массивного, что даже свет не может избежать его захвата, была впервые предложена в XVIII веке, и сегодня мы знаем, что черная дыра есть не только в центре нашей галактики, но и, возможно, в центре каждой галактики. Мы никогда не сможем непосредственно увидеть ни одну из них, но тайны, которые они хранят, в один прекрасный день могут помочь нам ответить на некоторые фундаментальные вопросы существования Вселенной.



Огромное гравитационное притяжение массы черной дыры.


ЛУЧИ СВЕТА
Лучи света начинают изгибаться по мере их приближения к черной дыре
СПАГЕТТИФИКАЦИЯ
Это вертикальное вытягивание и горизонтальное сжатие объектов в длинные тонкие формы в очень сильном гравитационном поле. Растяжение настолько сильно, что ни один объект не может выдержать его, независимо от того, насколько сильны связи между его компонентами
ГОРИЗОНТ СОБЫТИЙ
Это точка, в которой гравитационное притяжение от центра становится настолько большим, что его невозможно преодолеть. Свет, испускаемый от горизонта событий, никогда не сможет достичь наблюдателя, и захваченные им объекты будут падать в пространство черной дыры и не смогут его избежать
СИНГУЛЯРНОСТЬ
Это центр черной дыры – точка бесконечно малых размеров и бесконечной плотности. Вся первоначальная масса звезды, которая преобразуется в черную дыру и всасывает всю материю, которая окажется в пределах действия ее гравитационного поля, по-прежнему существует, но прекращается ее нормальное функционирование

ГЛАВА 4

СУДЬБА

ХОД ВРЕМЕНИ

Это история о чем-то настолько фундаментальном, что без него невозможно представить себе наш мир, но это свойство Вселенной современная наука пытается объяснить изо всех сил. Время – это то, что мы понимаем как что-то очень человеческое. Оно соизмеряет наши дни с космическими ритмами Вселенной, и его неустанный и неизбежный ход движет нашу жизнь вперед. Именно поэтому природа каждого из нас имеет свое начало и свой конец. Но время – не человеческое создание, мы призваны развиваться в соответствии с его ходом, как и вся Вселенная. Время вплетено в саму ткань Космоса. Даже с неполным пониманием его сущности, наше исследование времени позволило нам сделать замечательное открытие. Просто исследуя природу времени и природного мира, каким мы находим его здесь, на Земле, мы смогли не только увидеть начало Вселенной, но и представить себе, как может закончиться ее существование.

ВНИЗУ: Башни разрушенного храма древней крепости на холме Чанкильо – достопримечательность, возвышающаяся среди песчаных дюн перуанской пустыни.

НА ОБОРОТЕ: Тринадцать башен храма в Чанкильо, как полагают, служат двум целям: отправления неких ритуальных действий и, кроме прочего, они представляют собой древний календарь. Башни расположены в точности таким образом, чтобы, используя восход солнца, можно было почтить память о прошедших днях.

На засушливой прибрежной равнине на северо-западе Перу находится один из величайших астрономических секретов Южной Америки. Мало кто знает о холме крепости Чанкильо, и еще меньше людей посещали его, но для археологов и астрономов он одинаково памятен и увлекателен. Две с половиной тысячи лет назад известная нам цивилизация почти ничего не знала о городе в этом негостеприимном месте. Между тем, здесь было обнаружено величайшее сооружение – укрепленный храм с ярко-белыми стенами и с покрытыми красным лаком фигурами. Доминирующий в захватывающем виде пустыни, храм возвышался на холме, и его башни словно парили в засыпанном песком небе, однако сегодня все, кроме самых маленьких фрагментов украшений, исчезло – стерто прошедшими веками. Расположение здания озадачивало археологов в течение многих лет, потому что оно возвышалось на склоне холма, – не самая лучшая оборонительная позиция в этом районе, и невозможно было себе представить, чтобы жители Чанкильо допустили такую ошибку при размещении своей крепости. Последние исследования показали, что ключ к пониманию местоположения храма может лежать не на вершине холма, а внизу, на пустынной равнине.

Вдали от разрушенной крепости, с севера на юг вдоль хребта близлежащего холма, выстроено тринадцать башен. Недавние раскопки обнаружили дальние здания к востоку и к западу от башни, которые, как теперь полагают археологи, тесно связаны с истинной целью этого здания-рептилии. Чтобы понять, как и почему они связаны, нужно в конце ночи встать на западной точке наблюдения, лицом к яркому восточному горизонту возле одной из башен.

Я видел много рассветов, но ни один из них не был таким драматичным, как памятный рассвет в Чанкильо. Край солнечного диска, покрасневший и искаженный воздух, тяжелый от песка, внезапная вспышка между двумя башнями на холме, и на краткий миг Солнце стало единственным сверкающим бриллиантом в небе пустыни. В течение нескольких секунд обычно незаметное вращение нашей планеты обнаруживает себя движением звезд, и вам хочется отвернуться, как бы избегая глядеть в лицо Бога.

Однако тринадцать башен Чанкильо больше чем храм. Считается, что они представляют собой древний календарь, старательно устроенный и запущенный в незапамятные времена хронометр, переживший своих создателей на тысячелетия. Здесь время измеряется с помощью самого надежного импульса, который древние имели в своем распоряжении, — Солнца. 21 декабря в Южном полушарии — день летнего солнцестояния, самый длинный день в году. Солнце восходит как раз справа от самой южной башни, положив тем самым начало пути, который оно пройдет через горизонт, пока Земля вращается вокруг Солнца. В течение года восход Солнца движется вдоль башен вплоть до 21 июня — самого короткого дня в году, — когда оно поднимается слева от северных башен. Так что в любое время года жители Чанкильо, наблюдая восход солнца, могли определить дату с точностью до двух-трех дней. 15 сентября я стоял в западной точке наблюдения, зная, что в это утро солнце взойдет между пятой и шестой башнями, как и в течение последних двух тысяч лет. Чанкильо до сих пор работает как календарь, потому что сегодня Солнце по-прежнему всходит и заходит почти в тех же местах на горизонте, что и тогда, когда эти камни были впервые заложены в основания фундаментов башен.

Тринадцать башен Чанкильо ... стоят перед нами живыми свидетелями интуиции наших предков и их желания понять ход космических часов и природу Времени.

Хоть я и понимаю истинную природу Солнца, но когда я сталкиваюсь с таким великолепным восходом Солнца в таком драматическом и тихом месте, я понимаю, почему эти люди почти наверняка обожествляли его. Комплекс башен Чанкильо лишь отчасти представляет собой часы, одновременно это и храм, и обсерватория. Это было место, где в священные дни народ Чанкильо мог приветствовать появление своего бога — восходящего солнца — в самой зрелищной из своих построек. ◉

КОСМИЧЕСКИЕ ЧАСЫ

Каждый день нас будит ритм вращения нашей планеты, которая несется по своей орбите со скоростью более 1 500 километров (932 миль) в час. День - это однократное вращение Земли вокруг своей оси, занимающее двадцать четыре часа; тем, кто стоит на экваторе, требуется 86 400 секунд, чтобы преодолеть около 40 074 километров (24 901 милю) окружности нашей планеты. Это самый очевидный ритм в жизни Земли, который возникает благодаря скорости вращения нашего скалистого, покрытого железной корой шара, который был заложен в ее ядро в момент формирования 4,5 миллиарда лет назад.

Путешествуя на скорости 108 000 километров (67 108 миль) в час, мы движемся в Космосе по орбите вокруг нашей звезды и завершаем один круг нашего 970-миллионокилометрового (600-миллиономильного) путешествия за 365 дней, пять часов, 48 минут и 46 секунд, регулярно возвращаясь к произвольно выбранной отправной точке.

Наша Луна вращается вокруг Земли каждые 27 дней, семь часов и 43 минуты, и, поскольку она приливно привязана к Земле, ей требуется почти столько же времени, чтобы повернуться вокруг своей оси: 27 земных суток. Это означает, что Луна всегда повернута к Земле одной и той же стороной. День Марса очень похож на наш: его продолжительность составляет один земной день и дополнительные 37 минут. Но так как Марс находится дальше от Солнца, чем Земля, марсианский год длится дольше. Красной планете требуется

ВНИЗУ: Здесь, на Земле, наш календарь определяется ритмом часового механизма, который задан вращением нашей планеты вокруг своей оси в течение суток, и ее движением сквозь пространство, когда она совершает свой путь вдоль годовой орбиты вокруг Солнца.

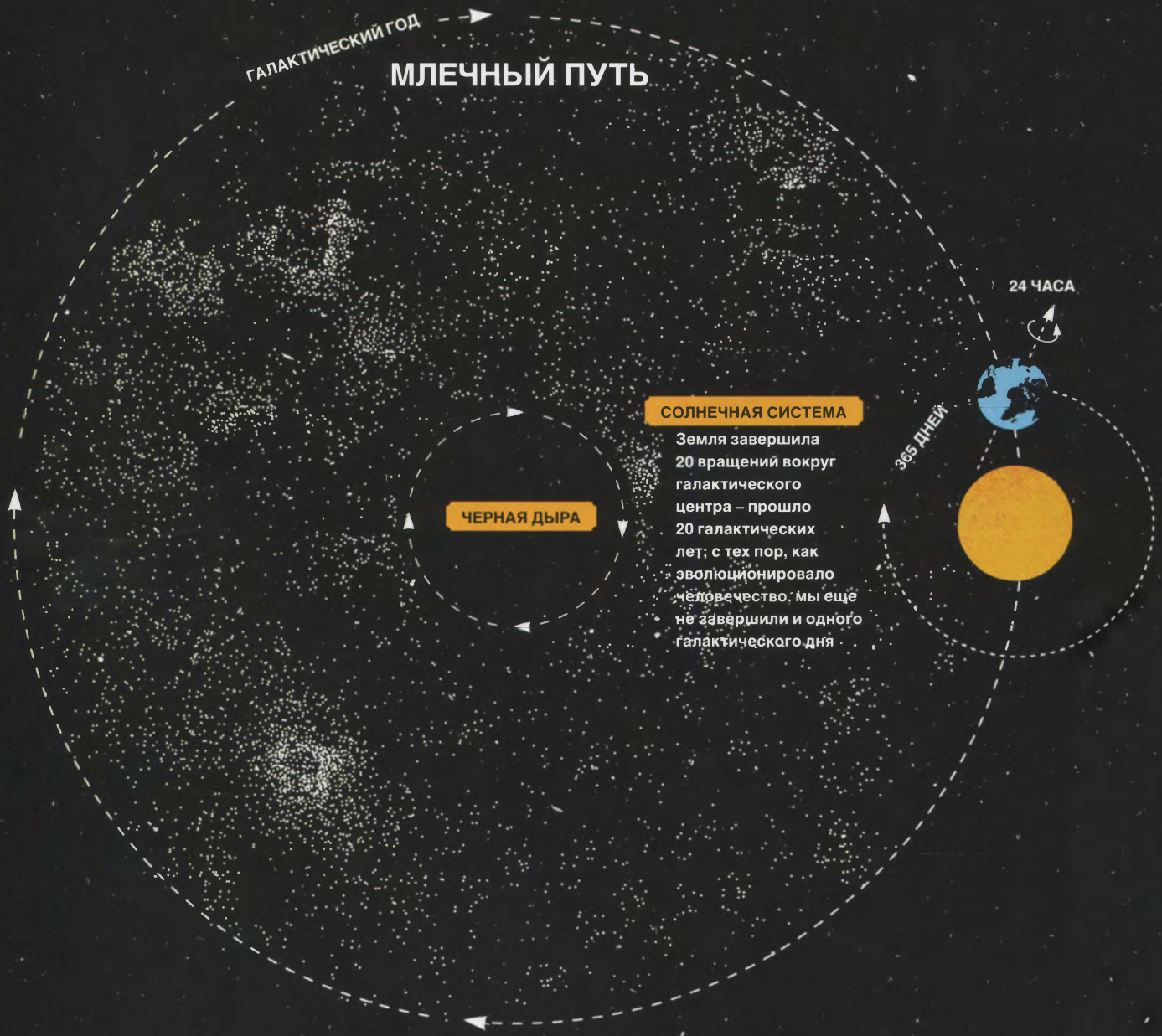
687 земных дней для завершения вращения по своей орбите. В отдаленных уголках Солнечной системы длина года постепенно становится все больше. Нептуну требуется более 60 000 земных дней или 165 земных лет, чтобы завершить свой путь вокруг материнской звезды. В сентябре 2011 года Нептун завершил свой первый полный оборот вокруг Солнца, поскольку он был обнаружен нами в 1846 году.

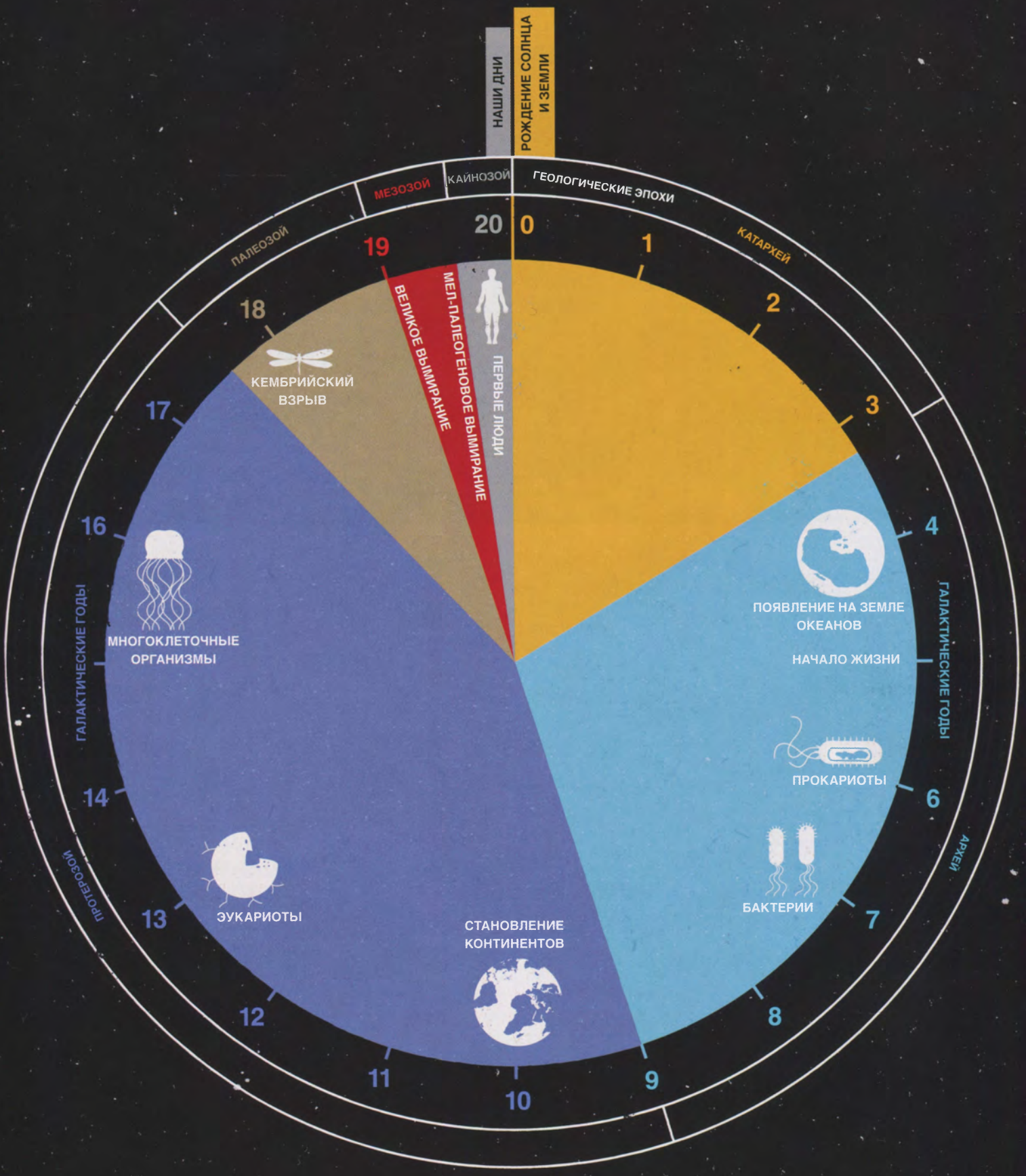
Пока мы смотрим в глубь пространства, часовой механизм Космоса не замедляет свой ход, но по мере того, как расстояния увеличиваются, циклы становятся все грандиознее, повторяя снова и снова заранее известные сроки. Мы все вращаемся вокруг сверхмассивной черной дыры, которая находится в самом центре Млечного Пути. Считается, что ему требуется около 225 миллионов лет, чтобы, путешествуя со скоростью 792 000 км (492 125 миль) в час, завершить один полный оборот, - этот период времени мы называем галактическим годом. Так как Земля сформировалась четыре с половиной миллиарда лет назад, она уже успела совершить 20 «поездок» вокруг центра галактики, так что можно сказать, что возраст Земли насчитывает 20 галактических лет. Так как люди появились на Земле четверть миллиона лет назад, мы застали всего лишь менее чем одну тысячную галактического года. В земных терминах - это один летний день.

И все же здесь, на Земле, есть существа, которые уже существовали тогда, когда ритмы Вселенной едва зарождались.

ГАЛАКТИЧЕСКИЕ ЧАСЫ

Ничто не остается прежним во Вселенной, наши галактические часы тикают вечно, открывая все новые главы истории Вселенной, отсчитывая дни, недели, месяцы и годы каждой планеты в нашей галактике. Повсюду в небесах время подчиняется собственным ритмам; годовые путешествия планет в дальних уголках Солнечной системы становятся все дольше, а циклы – все грандиознее. Каждая солнечная система среди 200 миллиардов существующих в нашей галактике совершает свое собственное уникальное путешествие вокруг галактического центра, пока мы все вращаемся вокруг сверхмассивной черной дыры, которая лежит в самом сердце галактики Млечный Путь.




НАШИ ДНИ
РОЖДЕНИЕ СОЛНЦА И ЗЕМЛИ
КАЙНОЗОЙ
МЕЗОЗОЙ
ПАЛЕОЗОЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЭПОХИ
КАТАРХЕЙ
АРХЕЙ
ПРОТЕРОЗОЙ
ГАЛАКТИЧЕСКИЕ ГОДЫ
ГАЛАКТИЧЕСКИЕ ГОДЫ
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
ПЕРВЫЕ ЛЮДИ
МЕЛ-ПАЛЕОГЕНОВОЕ ВЫМИРАНИЕ
ВЕЛИКОЕ ВЫМИРАНИЕ
КЕМБРИЙСКИЙ ВЗРЫВ
МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ ОРГАНИЗМЫ
ЭУКАРИОТЫ
СТАНОВЛЕНИЕ КОНТИНЕНТОВ
ПОЯВЛЕНИЕ НА ЗЕМЛЕ ОКЕАНОВ
НАЧАЛО ЖИЗНИ
ПРОКАРИОТЫ
БАКТЕРИИ

ДРЕВНЯЯ ЖИЗНЬ

ВНИЗУ: Беременные морские черепахи, совершая свой жизненный цикл — один из самых древних на Земле, — год за годом возвращаются в пески на побережье Тихого океана.

СПРАВА: Галилей впервые исследовал физику качающегося маятника и то, как ее можно эффективно использовать для создания эталона времени.

Восточное убежище дикой природы на тихоокеанском побережье Коста-Рики — родина одной из самых интересных достопримечательностей природы. Много ночей в году несколько тропических пляжей вдоль этого тонкого сухопутного моста между Северной и Южной Америкой посещают доисторические существа. Они появляются из океана, чтобы отложить яйца в песок. Мы снимали на Восточном Пляже[1] — узкой полоске песка, которая находится рядом с деревней, построенной вокруг импровизированного футбольного поля. Это один из немногих пляжей в мире, где гнездится множество морских черепах, а события, которые здесь происходят, — часть одного из старейших жизненных циклов на Земле.

Мы здесь для того, чтобы снять, как черепахи выползают из океана. Они проделывали это из года в год без перерыва более 120 миллионов лет — половину галактического года. В ожидании этого ночного видения трудно не задуматься о несоответствиях огромных временных периодов в истории этих древних существ и вида, который построил «футбольное поле» на берегу моря. Мы, люди, как нам кажется, хорошо знаем нашу планету. Мы знаем, что континент под названием Европа отделен от Африки тонкой полоской океана. Мы знаем, что если вы отправитесь в путешествие на Восток из Северной Европы, то вы пересечете бескрайние просторы Сибири и, в конце концов, попадете в Японию. Продолжая путь, вы пересечете Тихий океан и доберетесь до калифорнийского побережья США. Форма границ наших стран и континентов так нам знакома, что, кажется, была такой вечно, но предки черепах, которые, как я вижу, покачиваясь на морских волнах, ждут подходящего момента, чтобы выползти на сушу, точно так же ждали этого момента сотни миллионов лет назад в том же океане, когда облик наших континентов был совсем другим. В те дни эти пляжи, выделенные береговыми линиями континентов, были бы совершенно неузнаваемы для наших глаз. Как черепаха терпеливо ждала своего часа, чтобы отложить в песок яйца, так и континенты Земли двигались медленно-медленно, чтобы обрести свой теперешний вид. Северная Америка была гораздо ближе к Европе, Южная Америка была соединена с Африкой, а Австралия — с Антарктикой. Так трогательно видеть, с какой тщательностью эти древние существа глубоко копают песок, чтобы защитить свои драгоценные яйца, но столь же мощно это отражает временное несоответствие между нами и ими. В общем, они оказались свидетелями «перестройки» и нашей планеты, и нашего неба; образы звезд и конфигурации созвездий должны сейчас сильно отличаться от тех, что существовали тогда, на другой стороне Галактики. Я смотрю и не могу наглядеться, как одно за другим эти прекрасные существа закрывает свои яйца слоем песка и молча возвращаются в океан.

[1] Восточный Пляж — географическое название одного из побережий Коста-Рики. Оригинальное название — Playa Ostional (*исп., прим. пер.*).

ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ

Люди уже давно измеряют время, и мы постепенно развили наши навыки от грубейших измерений времени до

максимальной точности, с которой мы можем измерить его сегодня. Первые попытки хронометрии, возможно, начались еще тридцать тысяч лет назад, когда люди каменного века использовали для этого лунный цикл.

Первые часы, которые были распространены во всем древнем мире, — это солнечные часы. Они на удивление точны, но ими трудно пользоваться в пасмурный день и невозможно — ночью!

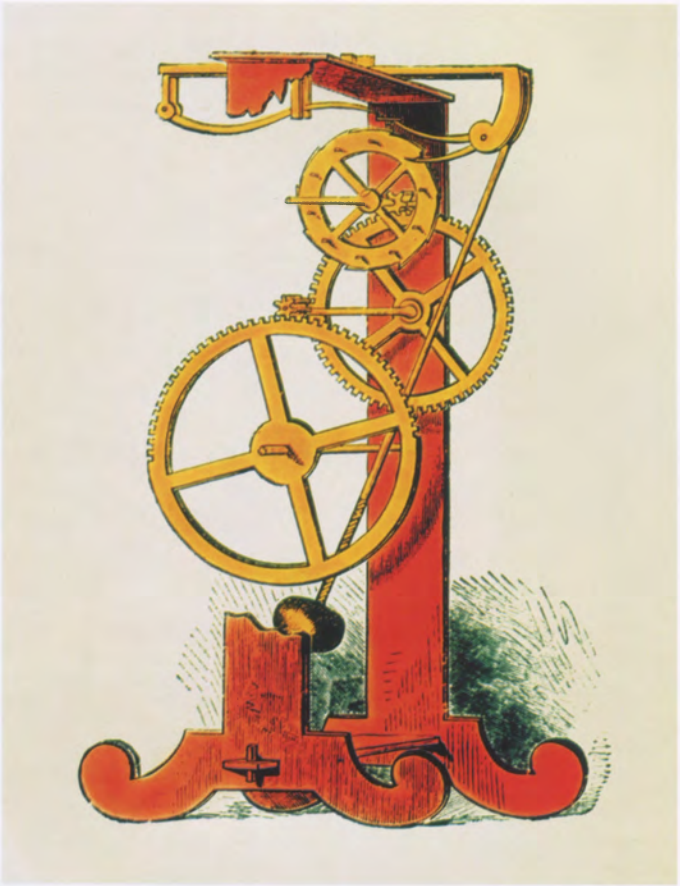
Древний Египет был первой известной нам цивилизацией, измерявшей время при помощи водяных часов. Старейшее упоминание о них относится ко времени царствования фараона Аменхотепа III — к 1 400 году до нашей эры. Эти элегантные устройства были каменными сосудами, в которые через воронку заливалась вода и вытекала с почти постоянной скоростью из отверстия в основании. Внутри часов было двенадцать отметин, и время измерялось по мере того, как уровень воды снижался.

Водяные часы продолжали совершенствоваться и использоваться людьми различных культур по всему миру на протяжении многих веков. Так же широко были распространены и песочные часы, в которых для измерения времени применялся поток стекающего песка.

С изобретением маятниковых часов измерение времени приобрело совершенно новый уровень точности. Галилей был первым ученым, исследовавшим физику качающегося маятника. Главное свойство маятника, делающее его полезным в качестве часового устройства, заключается в том, что период его раскачивания — знакомое всем «тик-так» любых маятниковых часов — зависит только от длины маятника и гравитационного притяжения Земли. У студентов-физиков есть формула для временного периода маятника, которая навсегда отпечаталась в их сознании. Вот она:

$$T \approx 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

где T — период, l — длина, а g — ускорение силы тяжести, иными словами, мера силы гравитационного поля Земли, которая одинакова почти везде, где бы вы ни находились на Земле: около 9,81 метров (300 футов) в секунду за секунду. Это означает, что все, что нужно сделать, чтобы ваши часы шли точно, — это установить правильную длину маятника. Большинство «дедовских» часов имеют маятник с периодом колебания в две секунды. Голландский астроном Христиан Гюйгенс изобрел первые маятниковые часы в 1656 году, и они оставались наиболее точным способом узнать время до 1930-х годов.



Христиан Гюйгенс изобрел первые маятниковые часы в 1656 году, и они оставались наиболее точным способом узнать время до 1930-х годов.

Сегодня у нас для измерения времени есть атомные часы, и они это делают с необычайной точностью. Атомные часы используют частоту световой волны, испускаемой электронами, когда они «прыгают» вокруг ядра в атомах (как правило, цезия) и отсчитывают время, подобно «маятнику». Поскольку строение атомов не изменяется, свет, излучаемый ими, всегда имеет одинаковую частоту, поэтому они такие точные: они определяют время с точностью до одной тысячемиллионной доли секунды в день. В 1967 году было принято определение секунды, которое исходило из применения атомной теории за пределами атомных часов. Одна секунда равна продолжительности 9 192 631 770 периодов излучения, что соответствует переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133. Говоря по-русски, это означает, что секунда представляет собой промежуток времени, необходимый для 9 192 631 770 пиков волн света, испускаемого, когда электрон совершает «скачок» вокруг ядра атома цезия.

Атомные часы позволяют измерять невероятно малые промежутки времени. До сих пор самый короткий период, который нам удалось измерить, составляет 12 аттосекунд или 12 квадриллионных доли секунды. Вот сколько времени потребуется свету, чтобы пройти сквозь 36 атомов водорода, выстроенных в линию. Это совсем недалеко. ◉

При всей достоверности и точности, которых мы достигли в измерении времени, нам никогда не удавалось сделать ничего большего, чем только следовать его ходу. Начиная с самого раннего солнечного календаря и вплоть до «прыгающих» электронов вокруг ядра атома цезия, нам ясна только одна вещь о природе времени: мы можем измерить его ход, но мы не можем его контролировать. Оно неумолимо движется всегда в одном направлении, и его нельзя остановить. Это дает нам пищу для глубоких размышлений о нашей Вселенной.

СПРАВА: Ледник Перито-Морено в Патагонии на юге Аргентины – суровое, но красивое место, где течение времени, как и всюду, постепенно движется вперед, но очень медленно, почти незаметно.

«СТРЕЛА ВРЕМЕНИ»

Немногие места на нашей планете сравнятся по зрелищности с ледником Перито-Морено в Патагонии на юге Аргентины. Эта плотная синяя стена замерзшей воды в Лос-Гласиаресе — часть системы сотен ледников, развернувшихся вниз по континенту от южных патагонских ледяных полей. Вместе они образуют третий по величине ледниковый покров на нашей планете. Весь ледник Перито-Морено занимает площадь в 250 квадратных километров (96 квадратных миль) и местами достигает в глубину 170 метров (560 футов). Лед заканчивается там, где твердое встречается с жидким: в озере Аргентино.

На первый взгляд кажется, что ледник неподвижен. Если стоять на берегу озера, создается впечатление, что это то место, где течение времени идет настолько незаметно, насколько позволяют законы физики. Когда мы приблизились к леднику, я не только увидел ход времени — я почувствовал его. Этот ледник находится в постоянном движении. С каждым годом в озеро каскадами сползает более четверти миллиарда тонн льда. Темпы изменений ледника в этом месте почти неощутимы. Он настолько обширен и сложен, что кажется живым: стараясь удержаться на берегу, он неизбежно и неуклонно сползает в воду.

Это все части высоко упорядоченной последовательности. Проходит время, падает снег, образуется лед, ледник постепенно нарастает дюйм за дюймом, расползается вниз по долине, и, когда лед встречается с водой, кусочки его откалываются и падают в озеро, создавая волны. Во многих отношениях этот порядок событий в последовательности — самый простой способ попытаться понять течение времени. Тот факт, что последовательность собы-

Мы ожидаем увидеть падение льда, отколовшегося от ледника; всплеска воды, создающего волны. Если это случится как-нибудь иначе, мы сразу узнаем, что что-то пошло не так.

СЛЕВА И ВНИЗУ: Великая стена льда возвышается над поверхностью озера Аргентино, где этот огромный, казалось бы, неподвижный ледник медленно и неуклонно сползает в ледяные воды.

тий всегда происходит в определенном порядке — фундаментальная часть нашего опыта исследования мира, в котором мы живем. И все же здесь возникает законный вопрос: что мы подразумеваем под событиями, происходящими «в определенном порядке»? Как бы долго мы ни стояли на краю этого красивого озера, мы никогда не ожидали бы увидеть эту драматическую последовательность событий в обратном порядке, даже если бы не было такого закона природы, который не позволял бы этому произойти. Нет никаких физических причин, почему все молекулы воды, перемещающиеся по озеру, не могут собираться на поверхности; их уменьшающаяся общая температура такова, что они связываются вместе, образуя лед, выпирающий из воды и склеивающийся на поверхности ледника. У нас, однако, есть научное объяснение того, почему никогда не происходит такого редкого изменения. Мы называем его «стрела времени».

Это выражение было впервые использовано британским физиком сэром Артуром Эддингтоном в начале XX века для описания этого обманчиво простого, но глубокого свойства нашей Вселенной: нам всегда кажется, что она движется в определенном направлении. Эддингтон был одним из первых ученых, подтвердивших выводы теории относительности, когда возглавил экспедицию для наблюдения полного солнечного затмения 29 мая 1919 года. В 1928 году он опубликовал работу «Природа физического мира», в которой представил две великие идеи. Первая — это образ бесконечной «теоремы обезьяны»: при учете бесконечного количества времени может произойти все, что соответствует законам физики. «Если армия обезьян будет беспорядочно стучать на пишущих машинках, они смогут написать все книги Британского музея». Это связано с глубоким пониманием пути следования «стрелы времени»:

«Нарисуем произвольную стрелу. Если по мере того, как мы следуем за стрелой, мы находим все больше и больше случайных элементов в состоянии мира, то стрела указывает в будущее, если количество случайных элементов уменьшается, стрела указывает в прошлое. Это единственное различие в направлении движения времени, известное физике. Из этого сразу следует, что если наши фундаментальные разногласия заключаются в признании введения понятия случайности, то эта случайность — единственное, чего нельзя отменить. Я буду использовать выражение “стрела времени”, чтобы выразить это одностороннее свойство времени, которое не имеет аналогов в пространстве».

«Стрела времени» Эддингтона ярко и экономично выражает основное свойство времени: оно идет только в одном направлении. Время — это то, что, как нам кажется, мы все понимаем, и, тем не менее, до конца XIX века не было предложено ни одной правдоподобной научной причины, почему время идет неумолимо только вперед; решение пришло примерно так же, как приходит любое решение практических проблем на Земле. ◉

ПОРЯДОК БЕСПОРЯДКА

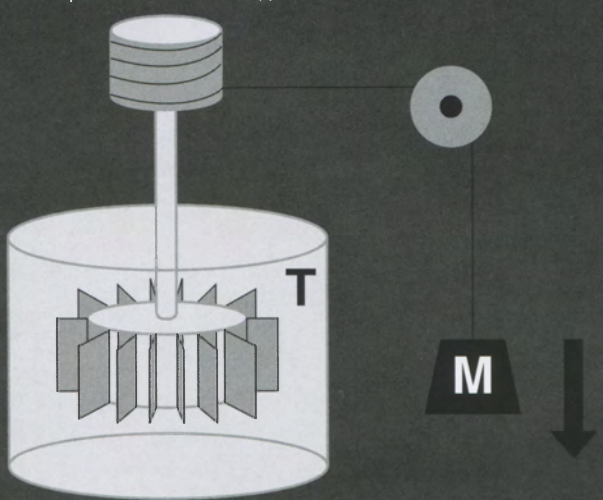
ВНИЗУ: В серии простых экспериментов Джоуль доказал, что механическая работа может быть преобразована в тепло. Используя гребное колесо, которое поворачивается падением массы воды, он перемешивал воду в изолированной бочке и наблюдал, как температура воды увеличивалась в зависимости от того, какая масса падает на лопасти колеса.

В 1712 году английский изобретатель сэр Томас Ньюкомен создал первый коммерчески успешный паровой двигатель, проложивший путь к промышленной революции. Однако считается, что эта честь принадлежит шотландскому изобретателю Джеймсу Уатту. Двигатель Уатта был более эффективным, он мог генерировать вращательное движение. С помощью машины Уатта завод можно быдло расположить в любом месте. Паросиловые машины изменили ход истории. Наука термодинамика, а с ней и концепция тепла, температуры и энергии, для описания которой понадобилась точная научная лексика, возникла из практической необходимости проектирования машин.

Немецкий математик Рудольф Клаузиус интересовался теплом, которое до первой половины XIX века считалось чем-то вроде жидкости, текущей от горячих вещей к холодным. Он понял, что это описание не в состоянии объяснить цикл работы паровой машины. А начиналось все с работ одного из его современников, английского физика и пивовара Джеймса Джоуля, который работал над улучшением эффективности паровых двигателей на своем пивоваренном заводе.

$$C\Delta T = Mgh$$

M масса падающей воды
g ускорение силы тяжести
h расстояние, которое преодолевает падающая масса воды
C удельная теплоемкость воды, то есть количество тепла, необходимое для нагрева одного килограмма воды на 1°
ΔT фактическое повышение температуры, вызванное перемешиванием воды



Воспользовавшись серией простых и тонких экспериментов, Джоуль смог продемонстрировать, как механическую работу можно преобразовать в тепло. Один из таких экспериментов использовал падающий груз, вращающий весло в изолированной бочке воды. Джоуль знал количество работы, проделанной падающим грузом: так он смог измерить повышение температуры воды. Он проводил подобные эксперименты на сжатых газах и проточной воде и каждый раз обнаруживал, что чтобы поднять температуру фиксированного количества воды на один градус по Фаренгейту, требуется одинаковый объем работы.

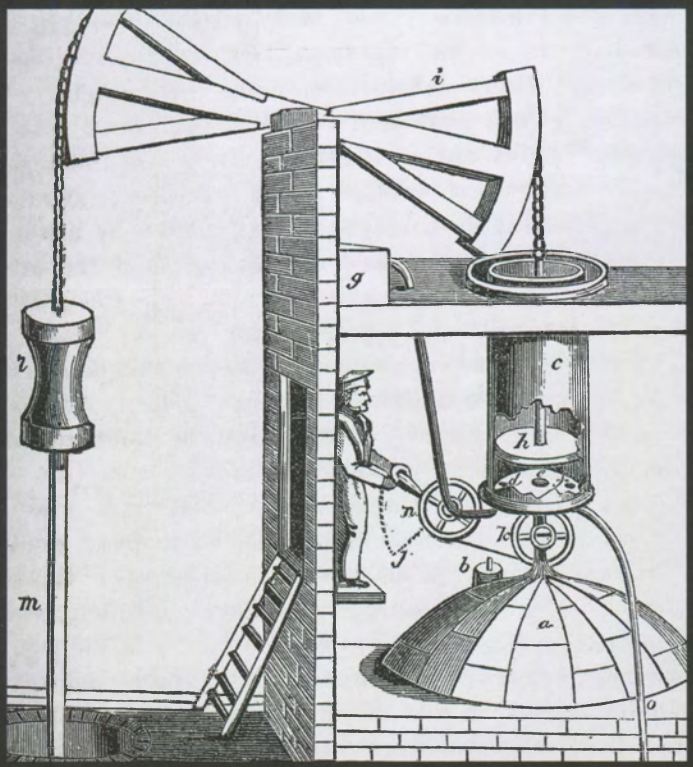
Работа Джоуля было так важна, потому что он доказал, что тепло - не вещь, которая может быть создана или уничтожена. Это не буквально поток чего-нибудь между вещами или движение, это на самом деле мера чего-то другого. Даже сегодня это, пожалуй, не очевидно, потому что мы все еще говорим о потоке тепла от горячего предмета к холодному. Тепло, как мы теперь его понимаем, - это просто форма энергии. Подобно тому, как шар, лежащий на столе, обладает энергией, которую можно освободить, уронив его (эта энергия известна как гравитационная потенциальная энергия), так и горячий предмет обладает энергией, которую можно освободить, по крайней мере, частично, поставив его рядом с холодным предметом. Для отопления чего-либо просто нужно передать энергию, выполнив некоторую работу, как Джоуль выяснил с помощью падающего груза, и не имеет значения, что это за работа. Первый закон термодинамики констатировал тот факт, что энергия не может быть создана или уничтожена, она может только изменить свою форму. Рудольф Клаузиус сделал первое прямое указание на существование этого закона, а также заложил основы науки термодинамики в работе «О механической теории теплоты» 1850 года.

Первый закон термодинамики математически можно записать так:

$$\Delta U = Q - W$$

Иными словами, увеличение внутренней энергии чего-то (ΔU) равно тепловому потоку в ней (Q) минус выполненная им работа (W). Если вы выполнили работу, W будет со зна-

ВНИЗУ: Двигатель Ньюкомена, созданный в 1712 году, был первым коммерчески успешным паровым двигателем и заложил основу для работы других изобретателей, таких как Джеймс Уатт, который инициировал промышленную революцию в Великобритании.



ком плюс, а если вы извлекли из нее тепло, Q будет со знаком минус.

Спустя пятнадцать лет после того, как он записал Первый закон термодинамики, а сэр Артур Эддингтон описал гораздо более важную для нашего понимания физической картины мира «стрелу времени», Клаузиус ввел новую концепцию, известную как энтропия, которая легла в основу Второго закона термодинамики. В изложении Клаузиуса Второй закон термодинамики, кажется, не столь важен для глубокого понимания будущего нашей Вселенной. Он просто заявил: «Ни один процесс, единственным результатом которого является передача тепла от тела с более низкой температурой телу с более высокой температурой, невозможен». Это простое предложение содержит в себе такое глубокое положение современной науки, что Артур Эддингтон исходя из него, сформулировал Второй закон термодинамики:

«Если кто-то указывает вам, что ваша любимая теория Вселенной не согласуется с уравнениями Максвелла, то тем хуже для уравнений Максвелла. Если окажется, что она противоречит наблюдениям, что ж, эти экспериментаторы иногда неумело делают свою работу. Но если окажется, что ваша теория противоречит Второму закону термодинамики, я не смогу дать вам никакой надежды; вам ничего не останется, как изнемогать в глубоком унижении».

Понятие энтропии вступает в силу, когда Второй закон записан в числовой форме. Система энтропии изменяется, например, в резервуаре с водой, когда количество тепла просто добавляется к нему при фиксированной температуре. В символах это можно записать так:

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

где ΔS - изменение энтропии в результате добавления небольшого количества тепла ΔQ при фиксированной температуре T. Возможно, еще неясно, как это связано со Вселенной, но здесь кроется некий глубокий момент, обнаруженный Клаузиусом. Вообще в любом физическом процессе вы обнаружите, что энтропия либо остается неизменной, либо увеличивается. Она никогда не уменьшается. Вот как выглядит термодинамическая «стрела времени». Клаузиус обнаружил физическую величину, которую можно измерить количественно, которая на практике только увеличивается и никогда не уменьшается, даже в теории, независимо от того, как ловко вы спроектировали свой эксперимент или деталь машины.

Она препятствует строительству так называемых «вечных двигателей» - машин, столь любимых полоумными изобретателями. Можно сказать, что Второй закон термодинамики говорит вам, что вы не можете получить что-то из ничего. Но Второй закон гораздо глубже, потому что он вводит в наше представление о Вселенной различие между прошлым и будущим. В будущем энтропия будет выше, чем сегодня, поскольку она всегда растет. В прошлом энтропия была ниже, чем сейчас, потому что она всегда растет.

Клаузиус ввел понятие энтропии, потому что он нашел его полезным, но что же такое энтропия, по какой такой глубокой причине она всегда возрастает? И в чем смысл загадочной цитаты Эддингтона о случайности и «стреле времени»? Он, казалось, приравнивал энтропию к количеству случайностей в мире, да и, в общем, так он и делал. Когда мы поймем это, нам станет ясно, почему Второй закон термодинамики постулирует, что вся наша Вселенная должна когда-нибудь умереть. ◉

ЭНТРОПИЯ В ДЕЙСТВИИ

В 1908 году в маленьком городке Колманскоп на юге Намибии железнодорожник по имени Захария Леуала нашел в песке алмаз. Он показал драгоценный камень своему руководителю — железнодорожному инспектору Августу Штауху, — который сразу же понял его ценность и привел в движение цепь событий, которая превратила это пустынное место в один из самых богатых алмазных рудников в мире. Колониальное правительство Германии закрыло весь район от посторонних, и только немецкие предприниматели получили возможность вершить здесь свою судьбу. В течение 40 лет Колманскоп был домом для процветающего общества, собравшего здесь более тысячи человек, стремившихся стать миллионерами, собирая алмазы по всей пустыне. Так как деньги потекли рекой, жители построили город в лучших немецких традициях: грандиозные дома стояли рядом с казино, банкетными залами и первой в Южном полушарии рентгеновской станцией. Они вели в пустыне богемный образ жизни и создали в песках маленький кусочек роскошной немецкой архитектуры. В конце концов, как и любая «дойная корова» природы, бриллианты иссякли, и город постепенно утратил свой блеск; в 1954 году он был заброшен. На протяжении полувека он постепенно приходил в упадок, здания медленно разрушались и затягивались песком.

ВНИЗУ: Роскошные здания некогда славного города Колманскопа — лишь тень былого величия, под действием пустынного ветра происходит их самоформирование, которое продолжится до тех пор, пока пески пустыни не восстановят прежний ландшафт.

Сегодня Колманскоп — это город-призрак, место, где наши усилия заменить геологическое величие пустыни архитектурным величием, созданным руками человека, были уничтожены силой ветра.

Колманскоп расположился на окраине современного города-порта Людериц, который лежит на совершенно изолированном южном побережье Намибии. Один из наших гидов рассказал нам, что есть лишь один способ успешно построить дом в Людерице: вы должны действительно хотеть там жить. Причина особенно суровой репутации этого места, даже по меркам этой части мира, кроется в ветре. На эту полосу южного побережья Африки постоянно обрушиваются дикие ветры Южной Атлантики, развевающие мелкозернистый песок пустыни Намиб и безжалостно бросающие его в наши машины — дома, оборудованные глазами-камерами. Я никогда не испытывал ничего подобного. Во время съемок вдруг оказалось, что я иду в Колманскоп, спасаясь от ветра тем, что плотно закрываю лицо руками. Я делал это не для достижения драматического эффекта, я просто не мог смотреть, как ветер разрывает песок и со страшной силой швыряет его нам в лицо. Мы сняли сцены, как ветер постепенно сдувает несколько песчаных замков. Мы оставили свои камеры на несколько часов в пустыне, поскольку они были оборудованы пескоструйными линзами — высокоточной оптикой, которая после одного весеннего дня, проведенного в непосредственной близости от Людерица, выглядела, как наждачная бумага. Если бы не тот факт, что здесь никогда не идут дожди и ничего не гниет, город-призрак Колманскоп, несомненно, уже исчез бы в песках пустыни.

Небольшие песчаные замки, медленно стирающиеся в пустыне ветром, наглядно демонстрируют связь между распадом, случайностью и энтропией. Чтобы понять, почему это так, нам понадобится другое, интуитивно более понятное определение энтропии, чем определение Клаузиуса. Статистическое определение энтропии было разработано в 1870 году Людвигом Больцманом.

Песчаный замок состоит из множества мелких песчинок, из которых складывается специфическая форма — форма замка. Скажем, в нашем маленьком замке миллион песчинок. Мы можем взять этот миллион песчинок и вместо того, чтобы тщательно упорядочить их в замке, просто положить их на землю. Так они образуют кучу песка. Мы бы, по меньшей мере, удивились, если бы наши песчинки, упав на землю, собрались замок, но почему этого не произошло? В чем разница между кучей песка и песчаным замком? Они состоят из одинакового количества песчинок, и обе фигуры, очевидно, представляют собой определенным образом организованные песчинки. Определение энтропии Больцмана — по существу математическое описание разницы между песчаным замком и кучей песка. Оно говорит, что энтропия — это количество способов, которыми вы можете переупорядочить составные части чего бы то ни было и при этом не заметить, что именно вы сделали. Для создания песчаного замка способов, которыми вы можете организовать песчинки и сохранить его высоко упорядоченную форму, довольно мало, и, следовательно, он имеет низкую энтро-

Когда вы ровненько укладываете каждую конкретную песчинку, а затем сдвигаете песчинки наугад, они в подавляющем большинстве своем образуют скорее бесформенную кучу песка, чем песчаный замок.

пию. С другой стороны, что бы вы ни делали, куча песка все равно останется кучей песка в пустыне, неотличимой от любой другой кучи песка. Куча песка, следовательно, имеет более высокую энтропию, чем песчаный замок, просто потому, что есть еще много разных способов организации песчинок в кучу песка, намного больше, чем для постройки замка. Больцман записал это простым уравнением, которое написано на его надгробии:

$$S = k_B \ln W$$

где S – это энтропия, W – количество способов, которыми вы можете упорядочить компоненты в нечто неизменное, а k_B – число, которое мы называем постоянной Больцмана. Это уравнение относится к числу тех способов, которыми вы можете привести нечто к увеличению энтропии.

Нет такого закона природы, который остановил бы ветер, сдувающий песчинку с одной из башен нашего замка, а затем поднял бы другую песчинку из пустыни и бросил ее обратно на то же самое место башни, оставляя наш замок совершенно неизменным. Ничто не может заставить ветер так поступить, кроме чистой случайности. Гораздо более вероятно, что песчинки, сдуваемые с замка, не заменятся другими песчинками из пустыни, и поэтому наш замок постепенно распадется, то есть превратится в бесформенную кучу песка. Вот глубокая причина того, что энтропия всегда возрастает: это просто более вероятно! Обратите внимание, что нет никакого закона природы, препятствующего ее снижению. Вполне возможно, что ветер тоже может стро-

СЛЕВА И ВНИЗУ: Наблюдение за тем, как мой тщательно выстроенный песчаный замок постепенно распадается под действием сильных ветров пустыни, прекрасно демонстрирует, как возрастает энтропия, и наводит на мысль о том, что прошлое всегда более упорядочено, чем будущее.

БЕСПОРЯДОК БОЛЕЕ ВЕРОЯТЕН, ЧЕМ ПОРЯДОК

ить песчаные замки, но, скорее всего, из этого ничего не выйдет.

Статистическое определение энтропии Больцмана — это ключ к пониманию «стрелы времени» Эддингтона. Это настолько важное понятие, с такими глубокими последствиями, что стоит поговорить о нем еще раз, хотя и несколько иначе. Есть миллион различных способов организации горсти песчинок, 999 999 способов сформируют неупорядоченные груды песка, но только 1 способ сформирует красиво упорядоченный замок. Если вы продолжаете бросать песчинки в воздух, они, как правило, приземляются в форме неупорядоченной кучи. Таким образом, с течением времени, если существует такая сила, как ветер, которая переорганизует предметы, все станет менее упорядоченным просто потому, что способов создания неупорядоченных структур гораздо больше, чем упорядоченных. Это означает, что есть разница между прошлым и будущим: прошлое более упорядочено, а будущее будет менее упорядоченным, потому что это наиболее вероятный путь развития событий. Это то, что подразумевал Эддингтон в своем заявлении, что будущее более случайно, чем прошлое, и в своем описании «стрелы времени», которая указывает в направлении увеличения числа случайностей. И именно поэтому энтропия всегда возрастает.

Но откуда взялся весь порядок во Вселенной? В случае нашего песчаного замка это очевидно: его сделал я, но как я-то сюда попал? Я очень упорядочен. И как попала сюда Земля? Она тоже очень упорядочена. И как появился Млечный Путь, если он состоит из миллиардов упорядоченных миров, вращающихся вокруг миллиардов упорядоченных звезд? Должна же быть причина тому, почему Вселенная началась с такого высоко упорядоченного состояния, что она может, например, постепенно распадаться на куски, утрачивая свою первоначальную упорядоченность. Ответ таков: мы не знаем, почему Вселенная началась с достаточно стройного и строгого порядка, позволившего появиться планетам, звездам и галактикам. Мы понимаем, как гравитация может создавать локальный порядок в виде солнечных систем и звезд, но это должно происходить за счет создания большого беспорядка в другом месте. Должно же было быть очень много порядка, чтобы было, с чего начать. Другими словами, Вселенная родилась в очень упорядоченном состоянии, и тому должна быть какая-то причина. Вряд ли это было случайностью, поскольку, по определению, весьма упорядоченное состояние с меньшей вероятностью выльется в не менее упорядоченное существование, чем менее упорядоченное: песчаный замок имеет меньше шансов быть сформированным ветрами пустыни, чем куча песка. Так как же так случилось, что Вселенная сейчас гораздо менее упорядочена, чем 13,75 миллиарда лет назад? Это означает, что гораздо более вероятно, что наша Вселенная возникла за миллиардную долю секунды, полностью сформировав планеты, звезды, галактики и людей, чем то, что Вселенная выскочила из Большого Взрыва в крайне упорядоченном состоянии. Есть явно что-то такое увлекательное в энтропии ранней Вселенной, чего мы до сих пор не понимаем. ◉

«Стрела времени» ярко проявила себя в Колманскопе. С тех пор, как в 1954 году алмазодобывающий объект был заброшен, в каждом здании можно увидеть постепенный переход от порядка к беспорядку: каждая комната, которая раньше была полна структуры, постепенно пришла в менее упорядоченное состояние. Это стремительное движение «стрелы времени» по Земле, но это ничто по сравнению с тем грандиозным путем, который она проделывает по нашей Вселенной.

СЛЕВА: Пески времени в буквальном смысле медленно поглощают Колманскоп, демонтируя возведенный старателями город и снова возвращая его в песок.

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ВСЕЛЕННОЙ

Наша Вселенная следует закону жизни любого живого существа: она развивается поэтапно от рождения через всю жизнь и, в итоге, к смерти. Мы понимаем ранние этапы ее жизни, потому что наблюдения ученых предоставили нам ценную информацию о том, как была создана Вселенная. Кроме того, они полны важными фактами об истории Вселенной с момента ее рождения и до наших дней. Мы живем в ранней фазе существования нашей Вселенной, в Звездоносную эпоху, многие другие этапы ее жизни и множество изменений еще впереди, и все же мы можем с уверенностью делать прогнозы о будущем нашей Вселенной. Наблюдая за жизненными циклами звезд над нами, мы можем нанести на карту фазы жизни нашей Вселенной.

Электрон

Кварк

Атом водорода

Коричневый карлик

Белый карлик

Черная дыра

Фотон

Электрон

1. ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ ЭПОХА

$0 – 10^5$

Имел место Большой Взрыв, инфляция и нуклеосинтез. К концу этой эпохи Вселенная впервые становится прозрачной

2. ЗВЕЗДОНОСНАЯ ЭПОХА

$10^6 – 10^{14}$

Наша нынешняя эпоха. Материя собирается в звезды, галактики и скопления галактик

3. ЭПОХА ВЫРОЖДЕНИЯ

$10^{15} – 10^{35}$

Галактики больше не существуют. Это эпоха коричневых карликов, белых карликов и черных дыр. Солнце становится черным карликом. Белые карлики ассимилируются с темной материей и продолжают существовать с минимальным выходом энергии

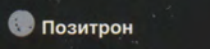
4. ЭПОХА ЧЕРНОЙ ДЫРЫ

$10^{40} – 10^{100}$

Организованная материя останется лишь в виде черных дыр. Черные дыры медленно «испаряют» содержащиеся в них вещества. К концу этой эпохи останутся только фотоны, электроны, позитроны и нейтрино с крайне низкой энергией

КОНЕЧНАЯ СУДЬБА ВСЕЛЕННОЙ: ТЕОРИИ

Нестабильный атом позитрония



Позитрон

5. ТЕМНАЯ ЭПОХА

$10^{101} - \infty$

Вселенная будет почти пустой. Фотоны, нейтроны, электроны и позитроны будут летать с места на место. Электроны и позитроны будут время от времени формировать атомы позитрония. Однако их структуры будут нестабильны и их составные элементы, в конце концов, уничтожат друг друга

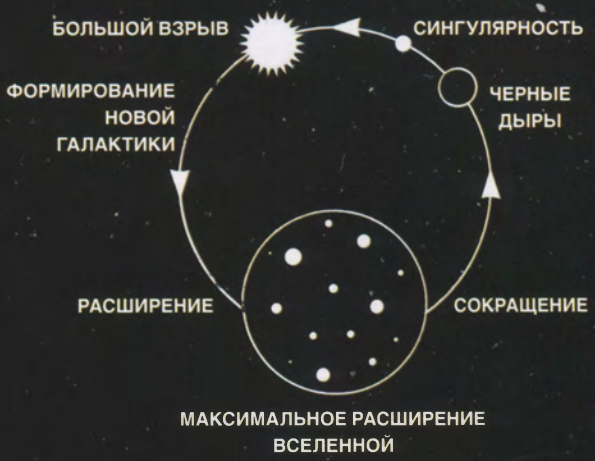
Нейтрино

6. ТЕПЛОВАЯ СМЕРТЬ

Самая вероятная судьба Вселенной. Это произойдет, если Вселенная продолжит расширяться так же, как раньше. Дальнейшее расширение приведет к тому, что Вселенная приблизится к температуре абсолютного нуля

6. БОЛЬШОЙ ОТСКОК

Это циклическое повторение интерпретации Большого Взрыва – первого космологического события, ставшего результатом распада предыдущей Вселенной



6. БОЛЬШОЙ КРИЗИС

Расширяющийся Космос развернется, и Вселенная снова разрушится, закончив свое существование в черной дыре сингулярности

6. МУЛЬТИВСЕЛЕННАЯ

Наша Вселенная расширяется после одного Большого Взрыва среди бесконечного количества одновременных Больших Взрывов, разбросанных на бесконечных расстояниях друг от друга

ЖИЗНЬ ВСЕЛЕННОЙ

ВНИЗУ: Солнце — одна из не менее чем двухсот миллиардов звезд в нашей галактике, и оно, наряду с бесчисленными другими, ярко сияет над Землей и днем, и ночью, в постоянно меняющейся, постоянно развивающейся Вселенной.

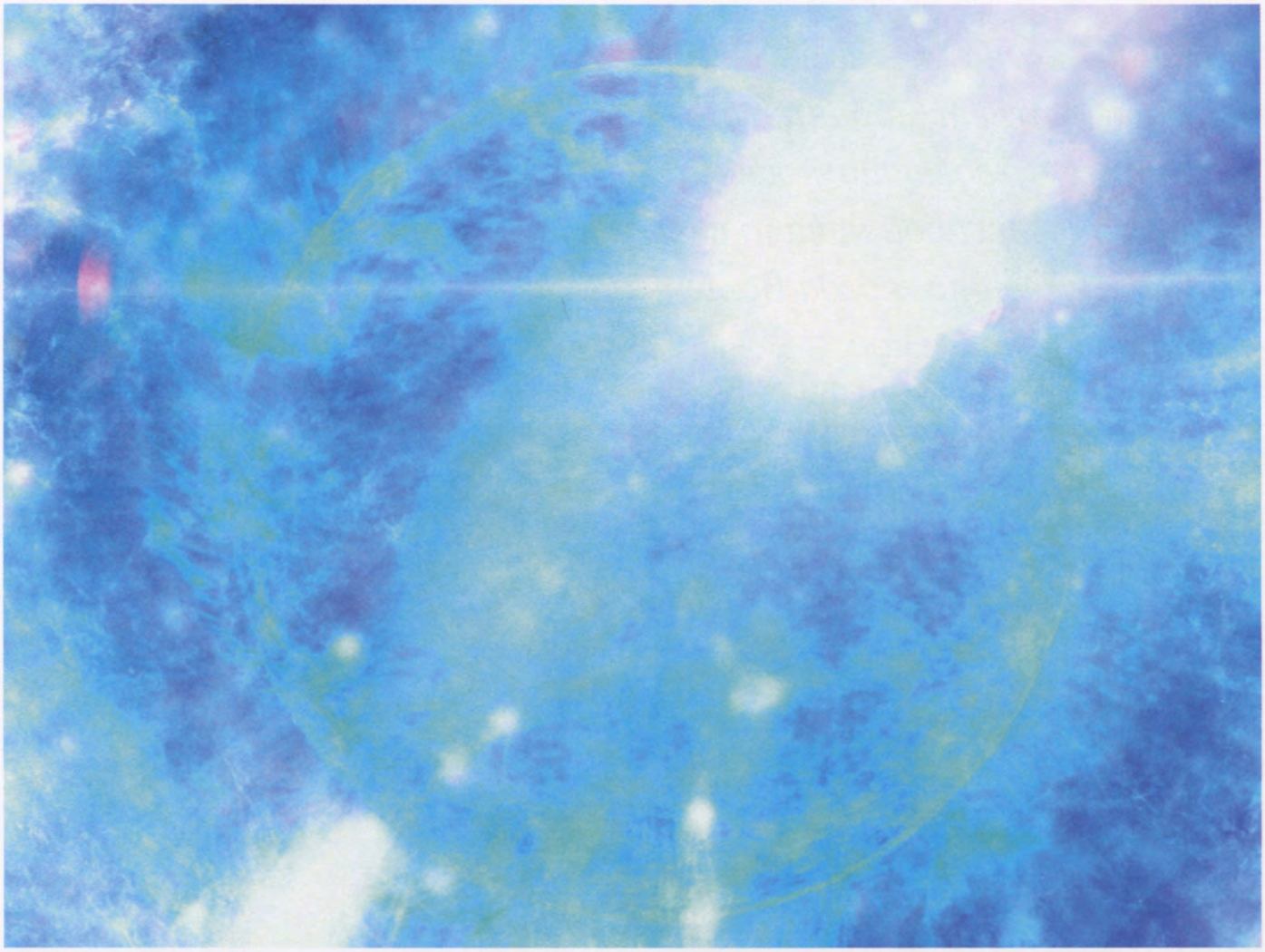
СПРАВА: В наш век звезд галактика Млечный Путь наполнена сияющими и рассеивающими свой свет в ночном небе звездами.

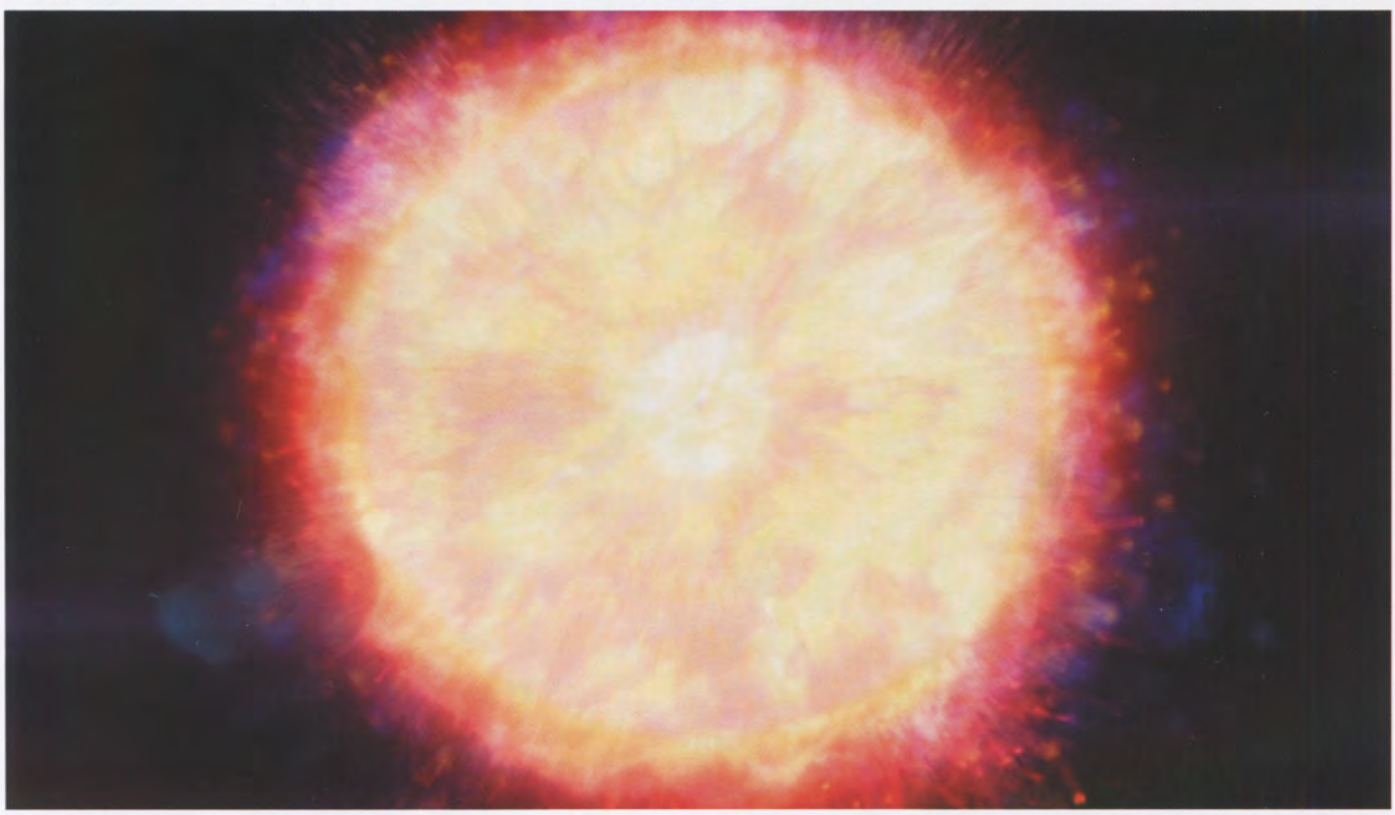
Как и человеческие существа, планеты и звезды рождаются, живут своей жизнью и умирают, да и сама Вселенная живет своей жизнью в разных стадиях, на разных этапах своего развития. Ее жизнь началась 13,75 миллиарда лет назад с Большого Взрыва, и в этом эмбриональном периоде Изначальной эпохи Вселенная была местом без звездного света, хотя в свои первые мгновенья закрученная горячая материя светилась так же ярко, как наше Солнце. В первые 100 миллионов лет условия были слишком жесткими для формирования звезд. Все изменилось, когда Вселенная расширилась и достаточно остыла для того, чтобы слабая сила гравитации начала собирать первичную пыль, газ и темную материю в галактики. С этим пришла заря второй великой эпохи в жизни нашей Вселенной: Звездоносной эпохи, которую можно назвать Звездными веками.

Момент, когда первые звезды появились на свет, — один из самых памятных в эволюции Космоса. Он сигнализирует о конце чуждого нам времени, когда Вселенная не имела структуры, — это была бесформенная пустота. Начало Звездоносной эпохи знаменует собой начало века света — момента, когда Вселенная стала узнаваемой. Небо стало черным, с разбросанными по нему светящимися туманными галактиками и яркими серебряными звездами. Такова наша Вселенная сегодня — место, где звездный свет украшает наши ночи и освещает наши дни.

Наше Солнце — одна из не менее чем двухсот миллиардов звезд в нашей галактике, одной из сотен миллиардов галактик в наблюдаемой Вселенной. Мы живем в Космосе бесчисленных островов бесчисленных звезд, купающихся в свете Вселенной. Однако несмотря на то, что Вселенной более 13 миллиардов лет, все еще только начинается. Хотя Космос купается в звездах, заполняется огромными туманностями, планетарными системами и бесчисленными миллиардами миров, которые нам еще предстоит исследовать, мы живем близко к началу

Момент, когда первые звезды появились на свет — один из самых памятных в эволюции космоса... Он знаменует собой начало века света — момента, когда Вселенная стала узнаваемой.

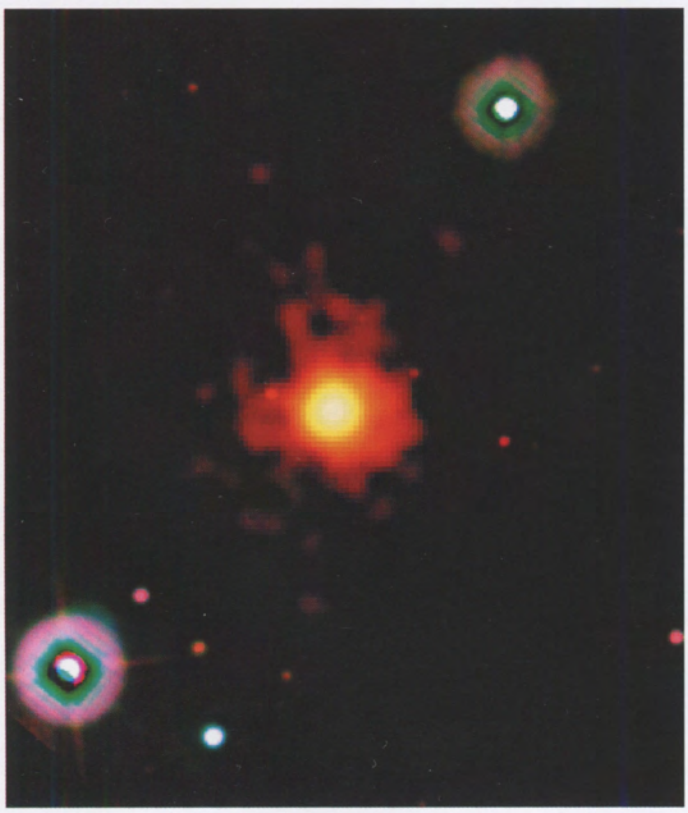




СЛЕВА: Гамма-всплеск — один из самых зрелищных и ярких взрывов во Вселенной. Когда ядро умирающей звезды сворачивается в черную дыру, оно выплескивает струи газов в Космос.

ВНИЗУ: На этом ярком снимке виден гамма-всплеск из GRB 090423; это изображение объединяет данные ультрафиолетового/оптического (синий, зеленый) и рентгеновского (оранжевый, красный) телескопов спутника НАСА «Свифт».

Когда у этих звезд закончится ядерное топливо, ... они умрут самым драматическим образом, разрушившись в один миг и выпуская больше энергии в одну секунду, чем наше Солнце даст за весь свой срок службы.



Звездоносной эпохи — эпохи удивительной красоты и сложности. Но Космос не статичен и не неизменен, он не всегда будет таким, как сейчас, потому что, когда «стрела времени» выдохнется, появится другой Космос, столь же динамичный и красивый.

ПЕРВАЯ ЗВЕЗДА

23 апреля 2009 года в 07.55 по Гринвичу спутник НАСА «Свифт» обнаружил один из самых далеких космических взрывов — гамма-всплеск, длившийся десять секунд. Считается, что гамма-всплески возникают при взрывах сверхновых — как акт умирания самых массивных звезд, когда они разрушаются, образуя черные дыры. Британский инфракрасный телескоп (UKIRT[1]) на Гавайях засек тлеющий уголек взрыва. Послесвечение наблюдалось в течение нескольких часов, но к 28 апреля последствия этого события полностью исчезли из поля зрения.

На приведенном здесь снимке представлены объединенные данные двух телескопов «Свифта». Важная особенность этого композитного изображения — ничем не примечательная с виду красная капля в центре. Эта капля — выцветшие останки GRB 090423, некогда одной из самых ярких звезд во Вселенной. Звезда Вольфа-Райе сменила свое название на поэтическое GRB 090423. Названная в честь двух французских астрономов, открывших ее в 1867 году, звезда Вольфа-Райе была очень массивна — ее масса более чем в сорок раз превышала массу нашего Солнца. Поскольку она была столь массивна и горела так ярко, она оказалась весьма недолговечной.

Это не просто история смерти звезды, обнаруженной в результате краткого появления бледной красной точки, которая пленила астрономов, — это ее век. Свет от этой точки летел до нас очень далеко по всей Вселенной, и это заняло у него очень много времени. Когда мы смотрим на послесвечение этого взрыва, мы смотрим на Событие, которое произошло давным-давно, в далекой-далекой галактике. На самом деле этот свет летел к нам почти всю историю Вселенной. GRB 090423 умерла более тринадцати миллиардов лет назад, чуть более чем 600 миллионов лет спустя после начала Вселенной. Это невероятно ранняя история Вселенной. Осенью 2010 года GRB 090423 была старейшим когда-либо наблюдаемым объектом, но вскоре была обнаружена галактика, которая оказалась немного старше. Еще более поэтически названная UDFy-38135539, эта галактика в настоящее время остается на прежнем месте, а возраст путешествующего во времени света, исходящего от нее, насчитывает чуть более 13 миллиардов лет. С учетом расширения Вселенной расстояние UDFy-38135539 от Земли в настоящее время составляет 30 миллиардов световых лет.

Тем не менее, открытие GRB 090423, этой призрачной бледной красной точки, и наблюдение за смертельным взрывом одной из первых звезд во Вселенной дает нам представление о временных масштабах существования объектов во Вселенной. ◉

[1] UKIRT — аббревиатура, образованная от оригинального названия телескопа — UK's InfraRed Telescope, британский инфракрасный телескоп (*прим. пер.*).

СУДЬБА ЗВЕЗД

«Стрела времени» действует в каждом уголке Вселенной с начала времен. Она диктует судьбу всего: нашей цивилизации, нашей планеты, Солнечной системы и всего, что лежит за ее пределами. Энропийное движение неумолимо, неизбежно и беспощадно. Ничто не может противостоять «стреле времени», ничто не может длиться вечно; звезда не может светить без конца, планета не может вечно вращаться. Вселенная, связанная законами природы, должна завтра распасться на радикально несовместимые фрагменты.

ВНИЗУ: Мы считаем само собой разумеющимся вид восходов и закатов Солнца над нашим горизонтом, но теперь мы знаем, что так не будет продолжаться вечно.

НИЖЕ: Смоделированное на компьютере изображение показывает, как драматически и совсем по-другому будет выглядеть Солнце в небесах после своей смерти и затухания.

Мы живем в самую продуктивную эпоху, когда-либо бывшую в нашей Вселенной. Звездоносная эпоха — это время жизни и смерти звезд, с постоянным танцем гравитации, с ядерным синтезом, создающем динамичный, постоянно меняющийся «ландшафт» в небесах. Для человека, для которого век — это вся жизнь, изменения могут проявляться слишком медленно, но можете не сомневаться, что вы являетесь частью Вселенной в наиболее яркий период ее жизни. Мы видели воочию, что никакие звезды не могут светить вечно. Каждый из этих ярко горящих огней имеет определенную судьбу, а некоторые обладают судьбой, похожей на судьбу нашей звезды.

Солнце было образовано 4,57 миллиарда лет назад в процессе коллапса облака водорода и гелия и окропления их более тяжелыми элементами. За бесконечно малый отрезок времени, в сравнении со временем существования всей Вселенной, оно выросло и стабилизировалось, и, конечно, люди всегда считали его присутствие вечным. И только в XX веке мы обнаружили, что наше пылающее Солнце должно в один прекрасный день погаснуть. ◉

ГИБЕЛЬ НАШЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

СПРАВА, НАВЕРХУ: Представление художника о Сириусе и его миниатюрном спутнике Сириусе В крупным планом. Они показаны на фоне реального изображения ночного неба с тремя звездами Летнего Треугольника: Вегой, Денебом и Альтаиром. Как видно по Сириусу, наше Солнце будет выглядеть как умеренно яркая звезда в этой же области неба. Здесь его видно внизу справа от Сириуса А.

СПРАВА, ВНИЗУ СЛЕВА: На этом снимке, сделанном космическим телескопом НАСА Хаббл в начале 2005 года, видна туманность Бумеранг и две «лопасти» вещества, выбрасываемого звездой, когда она умирает. Быстрое расширение планетарной туманности вокруг этой умирающей звезды сделало ее одним из самых холодных мест во Вселенной.

СПРАВА, ВНИЗУ СПРАВА: Космический телескоп Хаббл снял ослепительный Сириус А со слабым пятнышком Сириуса В в его левом нижнем углу. Сириус В в 10 000 раз слабее, чем Сириус А.

Сейчас Солнце находится в середине своей жизни, сливая водород в гелий в объемах около 600 миллионов тонн в секунду. Оно будет продолжать делать это еще пять миллиардов лет, но, в конце концов, возможно, достойно отдавшее величие и красоту своей космической «империи», оно не просто исчезнет. Когда хранилища водорода иссякнут, ядро Солнца разрушится, и мгновенно, как только гелий начнет сливаться в кислород и углерод, последний всплеск энергии расширит его внешние слои. Дополнительное тепло Солнца будет постепено распространяться по направлению к нам по мере увеличения его диаметра примерно в 250 раз. Огненная поверхность нашей звезды выйдет за пределы Меркурия, в направлении Венеры и далее, приближаясь к нашему хрупкому миру.

Эффект этого события на нашей планете будет именно таким катастрофическим, как и предполагается. Постепенно на Земле станет жарче. В далеком будущем, если кто-то из наших потомков еще останется, он проживет последний прекрасный день на Земле. Поскольку поверхность Солнца затопит Землю, наши океаны испарятся, молекулы вылетят из атмосферы в Космос, и память о жизни на Земле сохранится лишь в сердце того, кто будет последним зрителем этой космической мистерии, или, возможно, в истории нашей планеты не останется никого, кто мог бы помнить об этом, если мы твердо решим остаться дома, чтобы не пропустить финал этого действа.

Через много-много лет жизнь на Земле исчезнет, Солнце заполнит горизонт; оно сможет распространиться даже за пределы Земли. Этот этап набухания в жизни звезды называют стадией красного гиганта, отмеченной последним выделением энергии и началом долгого, долгого упадка. Через шесть миллиардов лет в самой яркой вспышке света и цвета наше Солнце прольет свои внешние слои в Космос, чтобы сформировать новую планетарную туманность. Наше Солнце станет белым карликом.

Сириус - самая яркая звезда на нашем небе, она настолько яркая, что наблюдения за ней зафиксированы в старых астрономических записях.

Тысячи лет мы считали, что это одна звезда, но в 1862 году американский астроном Алван Грэм Кларк обнаружил у нее сестру, скрытую в бликах света Сириуса. Слабо сияющая в левом нижнем углу маленькая точка света - это белый карлик, звезда Сириус В. Это один из самых больших белых карликов, обнаруженных нашими астрономами. Его масса близка к массе нашего Солнца, а его объем упакован в сферу размером с нашу Землю. При отсутствии вещества для сжигания, такие белые карлики, как Сириус В, светятся слабо, питаясь остаточным теплом их потухших «печей». Как и большинство белых карликов, Сириус В состоит в основном из кислорода и углерода, которые остались от плавки гелия, а его масса и плотность в миллионы раз больше, чем у молодой, живой звезды. Это вероятное будущее нашей звезды - видение смерти Солнца - медленное замерзание в глубине Космоса. Считается, что наше Солнце достигнет этой стадии примерно через 6 миллиардов лет.

Смерть должна прийти ко всем звездам. Возможно, настанет день, когда все огни в ночном небе померкнут, и Космос будет ввергнут в вечную ночь. Это самое глубокое и печальное последствие «стрелы времени». Та структурированная Вселенная, в которой мы живем рядом со всеми ее чудесами - звездами, планетами и галактиками, - не может длиться вечно. По мере нашего продвижения сквозь века жизни планет, сквозь эоны жизни звезд и мириады галактических жизней бесчисленные звезд будут жить и умирать во Вселенной. В конце концов, останется только одна звезда, которая будет освещать всю Вселенную в старости.

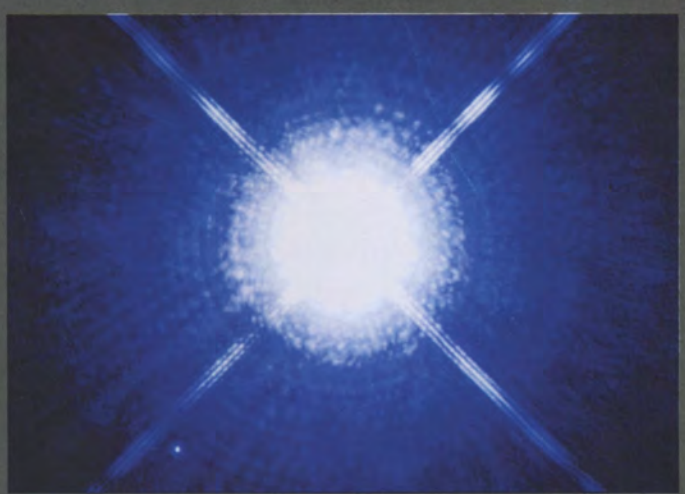
Сириус А
Ярчайшая звезда в нашем ночном небе. Будучи расположена на расстоянии всего 8,6 световых лет, она расположена ближе всех к нашему Солнцу.

Альтаир
Часть Летнего Треугольника

Солнце
Вид с Сириуса: вот где, по-видимому, расположено наше Солнце – недалеко от звезд Летнего Треугольника.

Сириус В
Блеклый остывающий спутник Сириуса А, ближайший к нам белый карлик. Он проходит свой путь вокруг Сириуса А за 50 лет.

Денеб
Часть Летнего Треугольника



СМЕРТЬ СОЛНЦА

И хотя Солнце сейчас относительно молодо, как и любая другая звезда во Вселенной, оно должно будет когда-нибудь умереть. Примерно через пять миллиардов лет водородные запасы Солнца иссякнут, и звезда начнет свою долгую и печальную лебединую песнь. В течение этого длительного прощания до нас будут доходить последние всплески дополнительного тепла от умирающего Солнца. Проходя по орбитам Меркурия и Венеры, разбухшее Солнце оставит за собой лишь следы разрушения. Еще долго после того, как жизнь на Земле исчезнет, Солнце будет продолжать заполнять горизонт нашей планеты, постепенно разбухая и переходя в стадию красного гиганта, пока, спустя около шести миллиардов лет, не выплеснет свои внешние слои газа и пыли в Космос, обнажив ядро, которое совсем померкнет и станет белым карликом, плывущим в небесах, как тень былого.

МЕРКУРИЙ

ВЕНЕРА

ЗЕМЛЯ

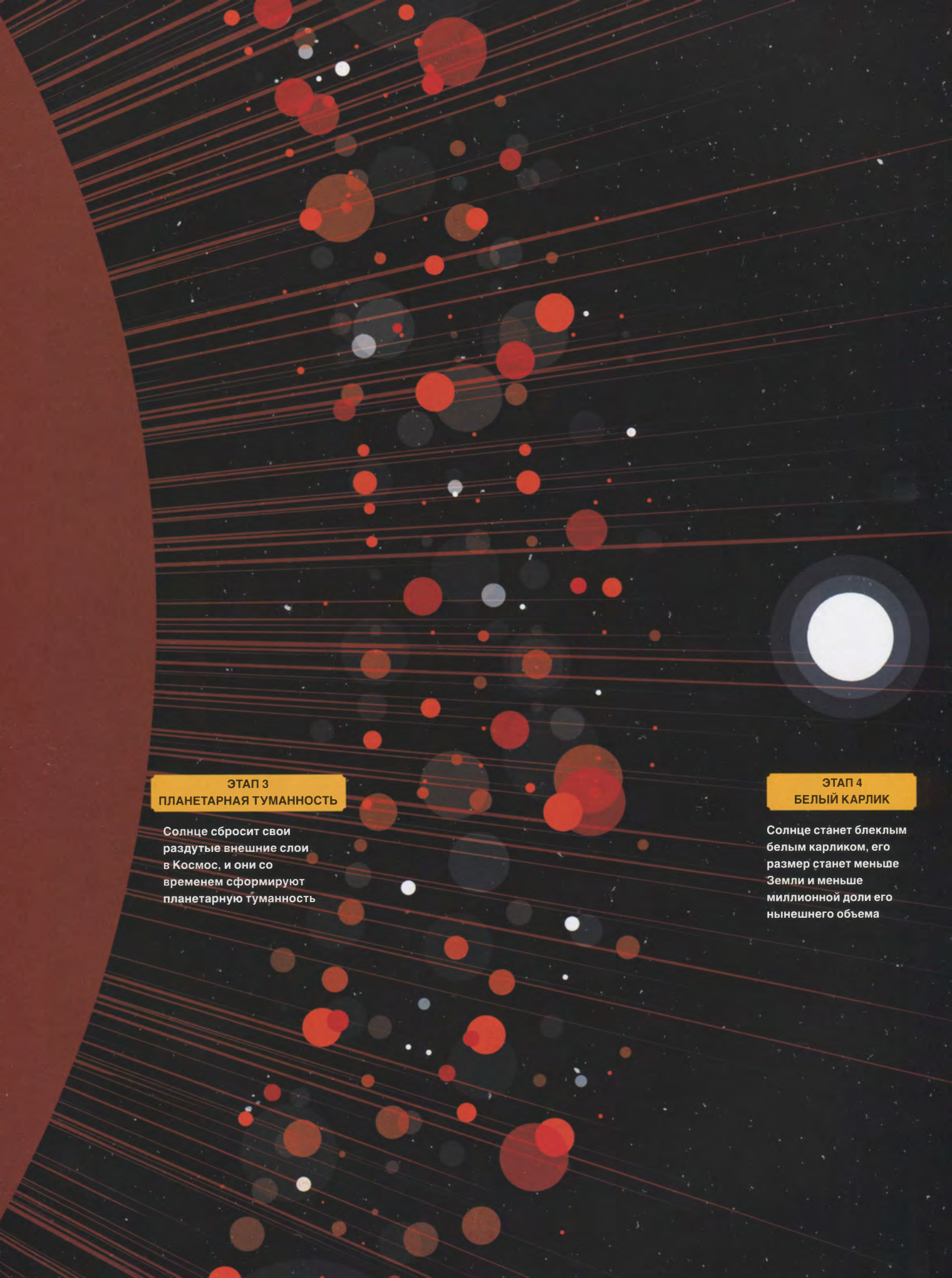
ЭТАП 1
ЗВЕЗДА ГЛАВНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

ЭТАП 2
КРАСНЫЙ ГИГАНТ

Солнце станет красным гигантом, когда его запасы водорода иссякнут. Его ядро разрушится, и дополнительное тепло, которое при этом выделится, расширит его внешние слои

Внешние слои Солнца расширятся, охладятся и станут светить красным светом. Его радиус увеличится примерно в 250 раз, оставляя позади Меркурий, Венеру и Землю

Земля будет становиться все горячее, пока ее океаны не испарятся, атмосфера не улетучится в Космос, а планета не станет обугленным безжизненным огарком



ЭТАП 3
ПЛАНЕТАРНАЯ ТУМАННОСТЬ

Солнце сбросит свои раздутые внешние слои в Космос, и они со временем сформируют планетарную туманность

ЭТАП 4
БЕЛЫЙ КАРЛИК

Солнце станет блеклым белым карликом, его размер станет меньше Земли и меньше миллионной доли его нынешнего объема

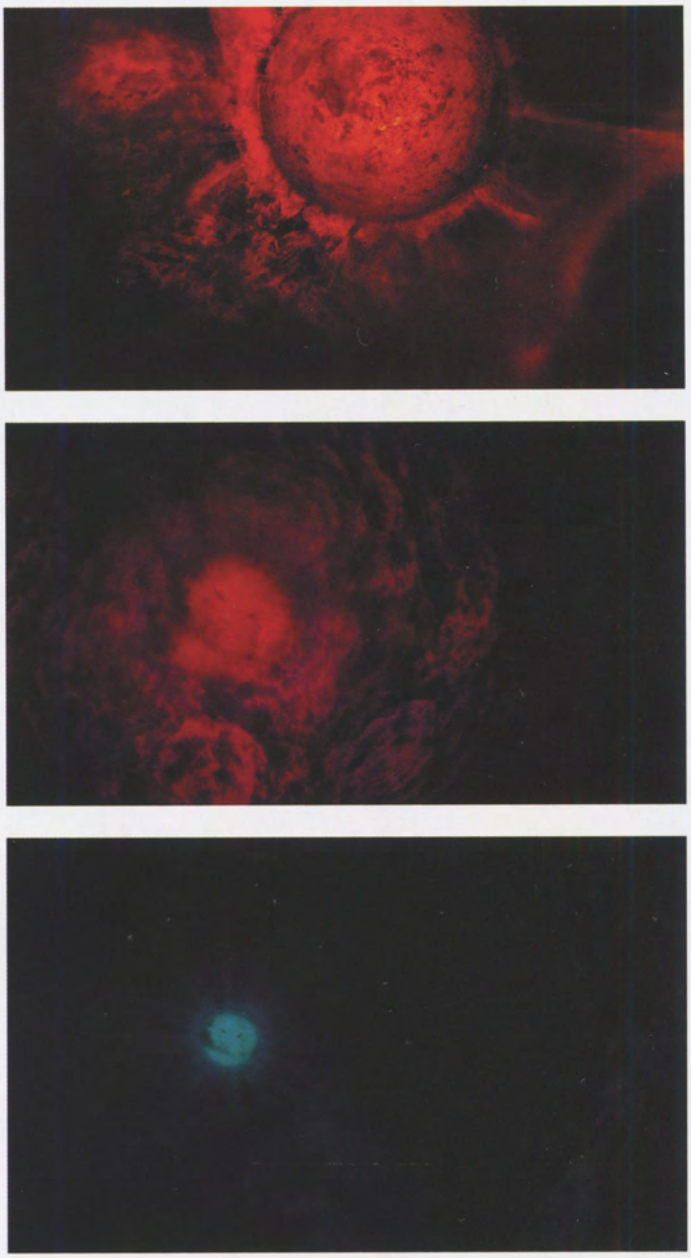
ПОСЛЕДНИЕ ЗВЕЗДЫ

Ближайшая к нашей Солнечной системе звезда — Проксима Центавра. Хотя она и расположена на расстоянии всего 4,2 светового года от Земли, Проксима Центавра не видна с Земли невооруженным глазом, потому что она очень мала по сравнению с нашим Солнцем — ее масса составляет лишь 12 процентов от его массы, — так что для наших глаз она в 18 000 раз менее яркая, чем наше Солнце.

Проксима Центавра — это красный карлик, самый распространенный тип звезд в нашей Вселенной. Красные карлики — миниатюрные и холодные, с температурой поверхности около 4 000 градусов К, но у них есть одно преимущество: они настолько малы, что сжигают свое ядерное топливо крайне медленно, и поэтому продолжительность их жизни достигает триллионов лет. Это означает, что такие звезды, как Проксима Центавра, будут последними живыми звездами во Вселенной. Подобно тому, как наши предки толпились вокруг костра, чтобы согреться в холодные зимние ночи, люди будущего будут какое-то время греться у красных карликов как последних доступных им источников энергии во Вселенной.

Скорость реакций синтеза в ядрах красных карликов, необходимая им для обеспечения теплового давления, которое должно противостоять внутреннему давлению слабой гравитации, очень низкая, и это продляет им жизнь. Но это все еще активные звезды, а по их поверхности хлещут в беспорядке турбулентные конвективные потоки, которые постоянно «взбивают» и перемешивают их внутренности. При этом часто происходят взрывчатые энергетические вспышки — выбросы в Космос света и рентгеновских лучей.

В конечном счете, «бережливость» этих звезд не защищает их от «стрелы времени». Через четыре триллиона лет, а это в 300 раз больше, чем нынешний возраст Вселенной, топливные резервы Проксимы Центавра, наконец, закончатся, и звезда будет медленно разрушаться, превращаясь в белого карлика. Спустя триллионы лет звездной жизни и медленной смерти во Вселенной останутся только белые карлики и черные дыры, а затем, спустя еще около 100 триллионов лет, век звезд подойдет к концу, и Космос вступит в следующую фазу своего развития: эпоху Вырождения. Холодная, безжизненная и пустая, наша Вселенная будет продолжать жить на грани погружения в полную темноту. ◉



НАВЕРХУ: На этих компьютерных изображениях видно, как Проксима Центавра встретит свой конец. В течение следующих четырех триллионов лет этот красный карлик постепенно будет разрушаться в гораздо более тусклого белого карлика.

СПРАВА: Среди ярких, живых звезд на этом улучшенном снимке двойной звездной системы Z Жирафа, сделанном телескопом НАСА «Исследователь эволюции галактик», виден белый карлик.

Спустя триллионы лет звездной жизни и медленной смерти во Вселенной останутся только белые карлики и черные дыры, а затем, спустя еще около 100 триллионов лет, век звезд подойдет к концу, и Космос вступит в свою следующую фазу: эпоху Вырождения.

НАЧАЛО КОНЦА

На северном побережье Намибии, где холодные воды Южной Атлантики встречаются с пустыней Намиб, находится одно из самых негостеприимных мест на Земле. Берега Скелетов боялись до тех пор, пока моряки не прошли вдоль всего его побережья. В XVII веке португальские мореплаватели называли это место «воротами в ад», а коренные жители Намиба бушмены назвали его «местом, которое Бог создал в гневе». Сегодня вы можете просто доехать до побережья на надежном джипе 4x4 или без особых усилий прилететь туда из порта города Уолфиш-Бей на вертолете. Но когда вы стоите на песке рядом с Южной Атлантикой, вы чувствуете, что боги все еще гневаются. Каждое утро густой туман с океана катится по береговой линии, омываемой холодным Бенгельским течением. Сочетание постоянно меняющейся формы отмели и интенсивных ветров Атлантики — этот ядовитый навигационный заговор — привел к тому, что у Берега Скелетов были разрушены тысячи судов. Распадающиеся под действием коррозии «туши» судов и отбеленные солнцем и морем кости выброшенных на берег течениями морских животных по-прежнему придают побережью некоторое «готическое очарование». Название Берег Скелетов напоминает о множестве положенных здесь на протяжении столетий человеческих жизней. Даже если вам повезло и вы выбрались на берег после кораблекрушения, береговые течения здесь настолько сильны, что нет никакой возможности грести обратно в море, и единственный путь к спасению лежит через сотни километров негостеприимной пустыни. Это место действительно было одним из тех мест, откуда нет возврата: если вы потерпели здесь крушение, наступал конец вашей вселенной.

Мы думаем, что, подобно тому, как железные суда, в конечном счете, покрываются ржавчиной, разрушаются и уносятся ветрами пустыни, последняя во Вселенной материя, в конечном счете, улетит в пустоту.

ВНИЗУ: Берег Скелетов: одно из самых негостеприимных мест на Земле, где на протяжении веков гибли люди и где вольготно живут только шакалы и другие сильные формы жизни.

Один из кораблей, который остался здесь до конца своих дней, — «Эдуард Болен». 91-метровый (300 футовый), 2 272-тонный пароход сел здесь на мель 5 сентября 1909 года на пути из Германии в Западную Африку. Зыбучие пески столетия затянули его на сотни метров вглубь, Атлантические ветры не пощадили его каркас, и стал он ржавым и скелетообразным. Когда мы приходили на берег, он охранял нас своими фалангами от шакалов, которые отнеслись к нам менее настороженно, чем я ожидал. Этот пароход образует абстрактный фон нашего повествования; в его судьбе есть символизм, непосредственный, даже жестокий и для меня удивительно мощный. Эти обломки — сложная структура, разобранная течением времени на составные части, — похожи на последние звезды нашей Вселенной.

В далеком будущем Космоса последние оставшиеся маяки света не смогут преодолеть Второй закон термодинамики, подобно «Эдуарду Болену». Даже белые карлики должны исчезнуть — так законы физики методично «разбирают» Вселенную на элементарные частицы. Медленно

МАССЫ ЧЕРНЫХ ДЫР В МАСШТАБЕ РАЗМЕРОВ ГАЛАКТИК

НАЗЕМНЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ

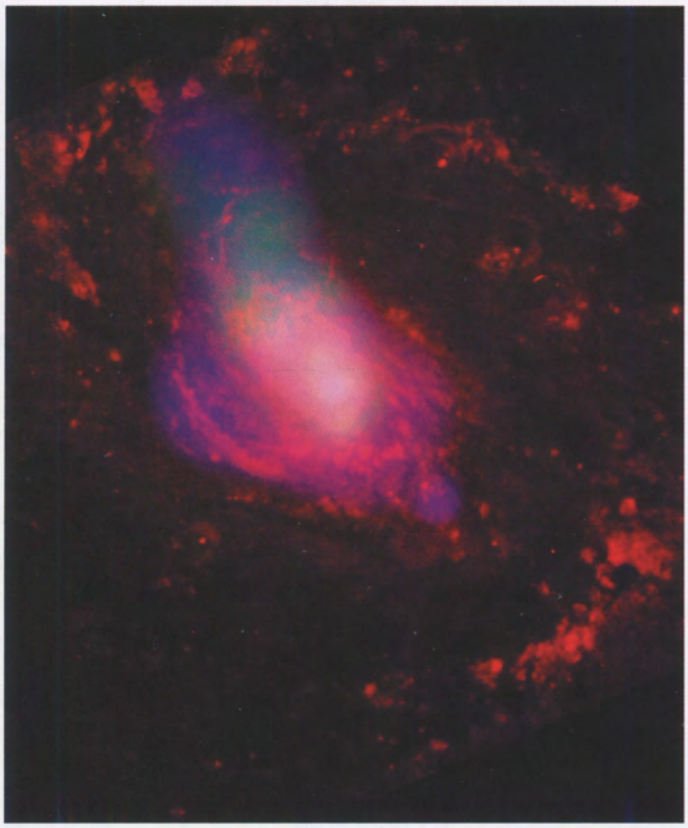
СНИМКИ ХАББЛА КРУПНЫМ ПЛАНОМ

МАССА ЧЕРНОЙ ДЫРЫ И ГОРИЗОНТ СОБЫТИЙ

7500 СВЕТОВЫХ ЛЕТ

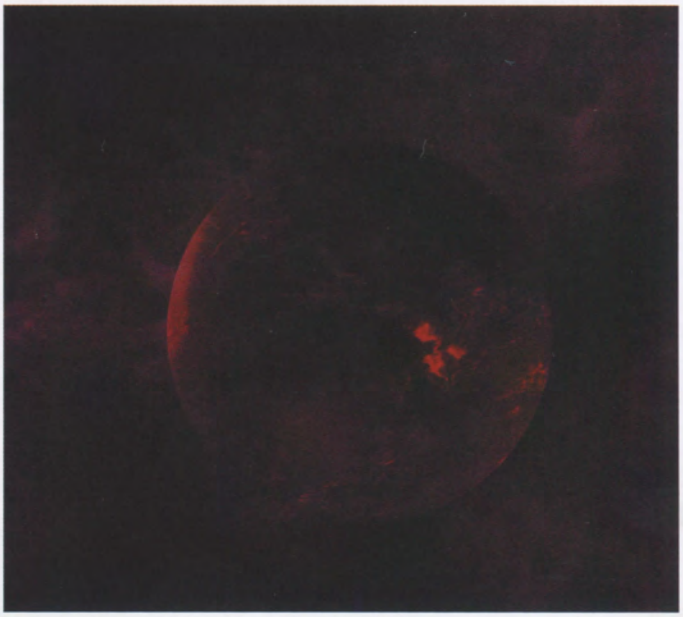
3000 СВЕТОВЫХ ЛЕТ

ДИАМЕТР ЗЕМНОЙ ОРБИТЫ



СЛЕВА: На этом композитном рентгеновском снимке, сделанном в рентгеновской обсерватории Чандра, виден всплеск газа от центральной сверхмассивной черной дыры в активной галактике NGC1068.

ВНИЗУ: Через триллионы лет наша Вселенная будет усеяна черными карликами. Из пепла звезд сформируются темные, плотные и разлагающиеся шары, состоящие из вырожденного вещества.



Как только последние остатки последней звезды распадутся и не останется ничего ... история нашей Вселенной подойдет к концу.

и постепенно, по мере того как раскаленные угли последних звезд потеряют тепло, они перестанут излучать видимый свет. Спустя триллионы лет последние маяки, горящие в просторах Вселенной, станут холодными и темными — их остатки мы называем черными карликами. В них нет ничего, кроме звездного пепла; они так долго формировались — почти 14 миллиардов лет, — что Вселенная стала уже слишком мала, чтобы сохранить живым что бы то ни было. Хотя мы еще пока так и не увидели ни одного черного карлика, наше понимание фундаментальной физики позволяет нам делать конкретные прогнозы о том, какими они будут в конце своих дней. Процессы, благодаря которым материя может, при наличии достаточного времени, распадаться, пока не понятны, как, впрочем, и причины, которые могут порождать эти процессы. Физикам необходимы новые теории для описания сил природы и способов их взаимодействия. Но вот одна из возможных теорий, и, с учетом нашего сегодняшнего понимания физики, вероятная история о том, как закончит свои дни наша Вселенная.

С исчезновением черных карликов во Вселенной не останется ни одного атома вещества. Все, что останется от нашего некогда богатого Космоса, — частицы света и черные дыры. Считается, что спустя невообразимое количество времени даже черные дыры испарятся, и Вселенная будет состоять из моря света — фотонов, стремящихся к температуре расширяющейся Вселенной, охлаждающейся к абсолютному нулю. Когда я говорю: «Невообразимое количество времени», — я имею ввиду именно это: десять тысяч триллионов триллионов триллионов триллионов триллионов триллионов триллионов триллионов лет. Это действительно очень много. Если бы мне пришлось начать считать с одного атома, представляющего один год, то не хватило бы атомов во всех звездах и планетах во всех галактиках в наблюдаемой Вселенной, чтобы получить их сумму, хотя бы приближенную к этому числу.

Как только последние остатки последней звезды распадутся, не останется ничего, температура достигнет своего минимума — абсолютного нуля, — и история нашей Вселенной подойдет к концу. Впервые в своей жизни Вселенная станет постоянной и неизменной. Энтропия, наконец, не будет увеличиваться, потому что Космос не сможет стать еще более дезорганизованным.

Это называется тепловой смертью Вселенной. Это будет эпоха, когда Космос останется огромным, холодным, пустынным и неизменным до конца времен. Там нет способа измерения течения времени, потому что ничего не меняется. Ничего не меняется, поскольку нет разницы температур и, следовательно, нет способа перемещения энергии, чтобы что-нибудь случилось. «Стрела времени» перестанет существовать. Космос умрет, и всякая возможность жизни во Вселенной будет погашена. ◉

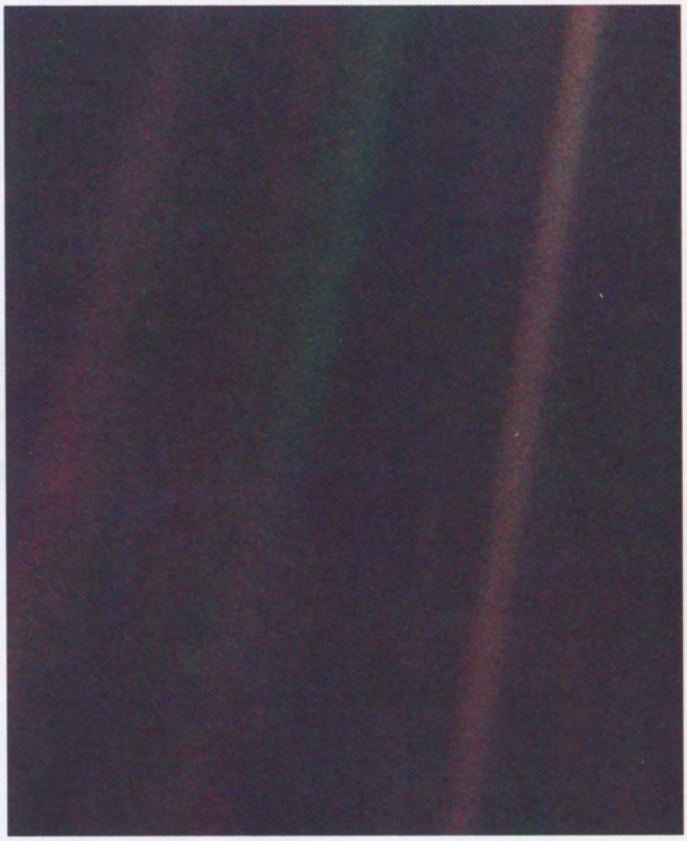
ДРАГОЦЕННОЕ ВРЕМЯ

Тот факт, что Солнце умрет, спалив Землю и уничтожив все живое на нашей планете, и что, в конечном итоге, все остальные звезды во Вселенной последуют его примеру, оставив огромный бесформенный Космос лишенным возможности поддерживать любую жизнь или сохранить любую память о живых предметах, несущих смысл своего прошлого, может показаться немного удручающим. Вы могли бы спросить, почему так устроена наша Вселенная. Неужели она может быть устроена иначе? Неужели возможно построить Вселенную так, что она не спустится из порядка в хаос? Что ж, ответ будет «нет»: вы не сможете устроить Вселенную иначе, если хотите, чтобы в ней существовала жизнь.

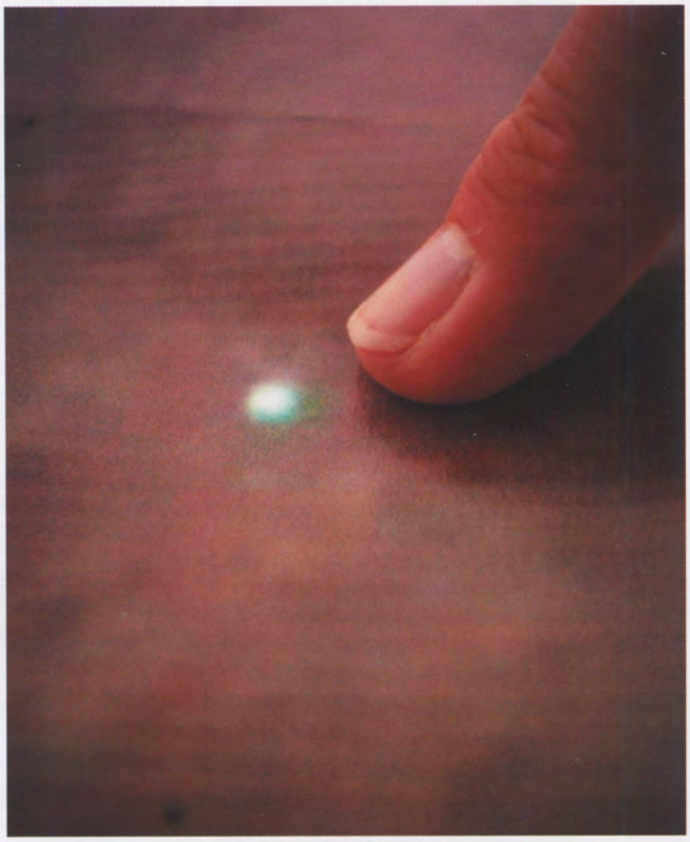
«Стрела времени» — это последовательность изменений, которые будут медленно, но неумолимо приводить нашу Вселенную к смерти. Это та самая последовательность, что создала здесь условия для жизни. Потребовалось время, чтобы Вселенная достаточно остыла после Большого Взрыва и сформировала материю; потребовалось время, чтобы гравитации собрала вместе материю, сформировавшую галактики, звезды и планеты; потребовалось время, чтобы материя на нашей планете сформировала сложные системы, которые мы называем жизнью. Каждый из этих этапов состоялся в полном соответствии со Вторым законом термодинамики; каждый этап — это шаг вперед на долгом пути от порядка к беспорядку.

«Стрела времени» создала яркое «окно» в юности Вселенной, в котором стала возможна жизнь, но это окно недолго будет открытым. Как доля продолжительности жизни Вселенной, измеряемой от начала начал и до испарения последней черной дыры, жизнь, как мы полагаем, возможна только для одной тысячной миллиардов миллиардов миллиардной, миллиард миллиардов миллиардной, миллиард миллиардов миллиардной доли процента.

И именно поэтому самое удивительное чудо Вселенной для меня — это не звезда, планета или галактика,



НАВЕРХУ: Этот цветной снимок Земли, названный Pale Blue Dot, входит в состав первого в истории портрета Солнечной системы, сделанного кораблем НАСА «Вояджер-1». Космический аппарат сделал 60 кадров с расстояния более шести миллиардов километров от Земли. Эти кадры могут быть использованы для создания мозаичного изображения Солнечной системы.



НАВЕРХУ: Эта, на первый взгляд, незначительная фотография бледно-синей точки на самом деле — один из самых важных и прекрасных снимков, изображающий нашу планету с расстояния свыше шести миллиардов километров.

СПРАВА: Наше время на Земле драгоценно и мимолетно. Особенно важно использовать его как можно лучше, чтобы успеть задать вопросы о нашей замечательной Вселенной и чтобы однажды, возможно, один из наших потомков получил на них ответы и по-настоящему понял законы природы, управляющие нашим Космосом.

вообще не вещь, — это момент времени. И это время — наше время, оно течет сейчас.

Около 3,8 миллиарда лет назад впервые на Земле появилась жизнь; двести тысяч лет назад первые люди ходили по равнинам Африки; две с половиной тысячи лет назад люди считали Солнце богом и измеряли его орбиту при помощи каменных башен, построенных на вершине холма. Сегодня наше любопытство проявляется не как поклонение Солнцу, но как наука. У нас есть обсерватории, — почти бесконечно более сложные, чем Тринадцать Башен наших предков, — с помощью которых мы можем заглянуть в глубины Вселенной. Мы стали «свидетелями» ее прошлого и теперь понимаем многое о ее настоящем. Еще более удивительно то, что с помощью двух дисциплин — теоретической физики и математики — мы можем вычислить, как Вселенная будет выглядеть в отдаленном будущем, и делать научные прогнозы о ее конце.

В 1977 году космический зонд под названием «Вояджер-1» был отправлен в «грандиозный тур» по Солнечной системе. Тринадцать лет спустя, после того, как его миссия была почти закончена, «Вояджер» повернул свои камеры и в последний раз сфотографировал свой дом. Это фото (слева) известно как Pale Blue Dot — «Бледно-синяя точка». Этот пиксель, эта точка — наша планета, Земля.

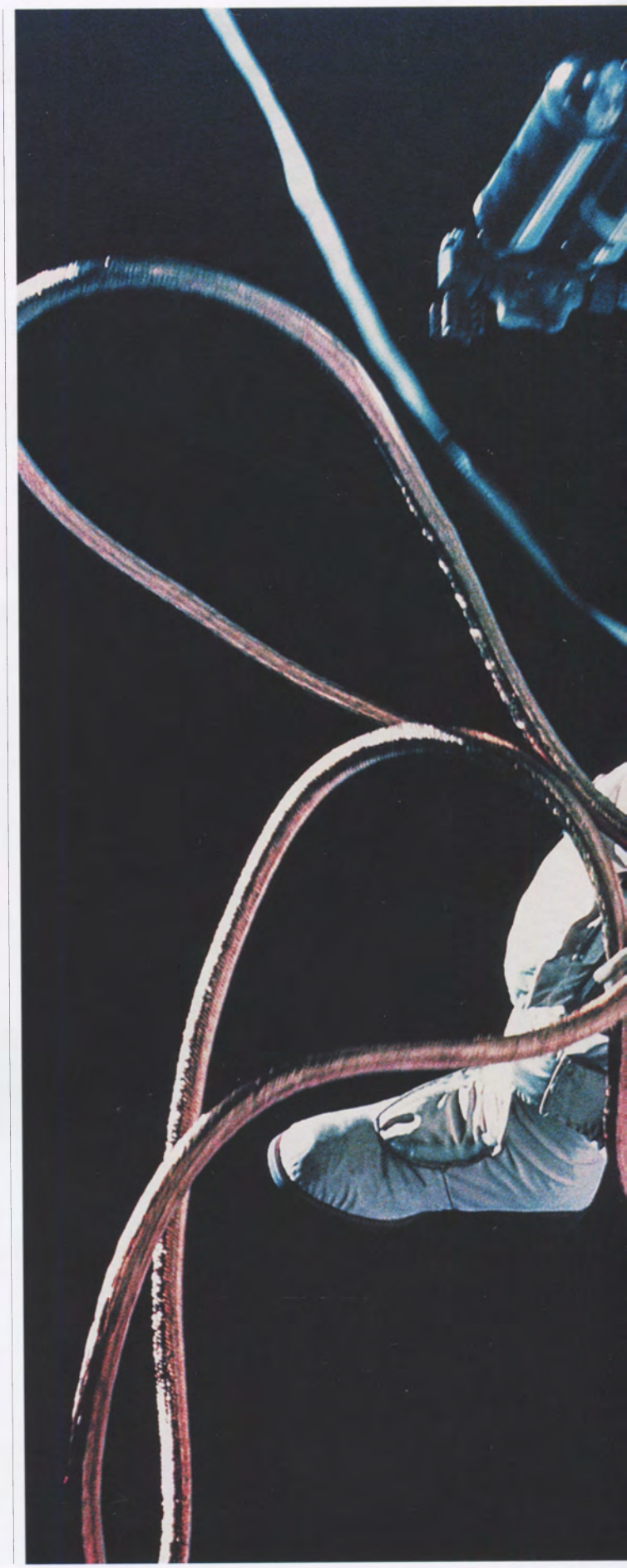
Самое мощное и вдохновляющее в этой крошечной точке света заключается в том, что каждое известное нам живое существо, когда-либо существовавшее в истории Вселенной, прожило свою жизнь на этом пикселе, на бледно-голубой точке, висящей в черноте Космоса.

Жизнь во Вселенной будет существовать в течение всего лишь мимолетного, ослепительного мгновения в бесконечном времени существования Вселенной, потому что жизнь, как и звезды, — временная структура на долгом пути от порядка к беспорядку.

Но это не делает нас менее значительными, потому что жизнь — это то, с помощью чего Вселенная может понять себя, пусть даже только на одно мгновение. Наше истинное значение лежит в нашем постоянном желании понять и изучить эту замечательную Вселенную — наш великолепный, прекрасный, мимолетный дом. ◉

«Где-то что-то невероятное по-прежнему ждет своего познания»

Карл Саган 1934 — 1996



АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Записи *курсивом* обозначают фотографии и рисунки

A

AD 185 (сверхновая) 83

G

GALEX, Исследователь эволюции галактик, НАСА 235
GOCE (спутник) 158
GPS 191, 193
GRB 090423 (звезда) 227, 229, *229*

H

H D 93129A (звезда) 75
H E 1523-0901 (звезда) 27

I

IC 4406 (звезда) 124, *124*

L

LGM-1177 182

M

M33 (галактика Треугольник) 25, *25*
M51 (галактика Водоворот) 25, *25*
M87 (галактика Дева А) 24, *24*, 149, *149*
Maffei 1 и 2 13
MSO735.6+7421 (галактическое скопление) 172, *173*
MyCnl18 (планетарная туманность) 125, *125*

N

NGC 1068 (галактика) 239, *239*
NGC 281 k (новый регион формирования звезд) 67, *67*
NGC1300 (галактика) 53, *53*

O

OGLE2TRL9b (экзопланета) 174

R

RCW 86 (сверхновая) 83, *83*
RCW 103 (сверхновая) 133, *133*

S

S2 (звезда) 26, 195
STS-31 (миссия шаттла) 52, 53
STS-71 (миссия шаттла) 11
STS-127 (миссия шаттла) 11

U

UDF-y-38135539 (галактика) 227

X

XX-33 Romeo (водородная бомба) *115*

Z

Z жирафа (двоичная звездная система) 234, 235, *235*
ZAMS (Zero Ago Main System), звезда 29
Zwicky 18 (карликовая галактика) 25, *25*

A

Абель 2218 (галактическое скопление) 190, *191*
Австралопитек 47
Ал-Хайсам, Ибн 56
Альтаир (звезда) 230, 231, *231*
Альфа Ориона (звезда Бетельгейзе) 120, *120*, 121, *121*, 123, 130, *130*, 131, *131*, *133*
Альфа Центавра (звезда) 45, 98
Амон-Ра 17, 18
Ампер, Андре-Мари 36, 37
Андерс, Уильям 8
Андерсон, Джон 120
Андромеды туманность (галактика М31) 13, 25, *25*, 29, 48-49, *48*, *49*, 52, 149, 169, *169*, 170, *170*, 171, *171*
Аполлон-8 8, 162

Аполлон-11 96
Аполлон-15 145
Аполлон-17 156, 157, 166, *167*
Аристотель 38, 56
Армстронг, Нил 69, 161
Астероиды 134-135, 164, 165
Атом:
  формирование 69
  стабильность 181
Атомная гипотеза 79
Атомные часы 209

Б

Багмати (река) 80-81, *80*
Белл, Джослин 177, 180, 182
Белый карлик 128, 129, 181, 230, 233, 234, 235, *235*
Бетельгейзе (звезда) 120, *120*, 121, *121*, 123, 130, *130*, 131, *131*, *133*
Берег Скелетов, Намибия 236-237, 239
Бёрджес-Шейл, Канада 72-73, 72, *73*, 75
Бледно-синяя точка 240, *240*, 241
Бозон Хиггса 12, 107
Больцман, Людвиг 217, 219
Большой адронный коллайдер (Large Hadron Collider, LHC) 12, 78, 79, *79*, 107
Большой Взрыв 9, 62, 106-107
  инфляция 71
  исходный материал человечества 11
  начало времен 10
  нарушающие симметрию события 106
  пред- 10
  пространство-время 65, 67
  реликтовое излучение 66, 68, 69, 70-71
  расширение Хаббла 65
  стандартная модель 108-109
  хронология Вселенной 110-111
Борман, Фрэнк 8
Браге, Тихо 151
Браны 10
Бумеранг (туманность) 231
Бунзен, Роберт 98, 99

В

Вега (звезда) 100, *101*, 231
Великая рифтовая долина, Танзания 46, *46*, 47, *47*
Венера *87*, 96-97, 174
Верхние и нижние кварки 79, 106, 110, 114, 181, 182, 194
Вес и масса, разница между ними 154-155
Виктория, водопад, Африка 56, 57, *56-57*, 58, *58*
Внеземная жизнь 84, 175, 177
Водородная бомба 15, 116
Волновые уравнения 36, 37, *37*
Вольфа-Райе, звезда 30-31, 227
Восток-1 141, 142
Восток-2 142
Восточное убежище дикой природы, Коста-Рика 208
Вояджер-1 45, 240, 241
Вояджер-2 97
Время:
  галактические часы 206-207
  гибель нашей Вселенной 230-231
  драгоценное 240-241
  древние измерения 201-203
  древняя жизнь 208-209
  контролирование 210
  космические часы 204-205
  ледники 210-211, 212-213
  начало конца 236-239
  последние звезды 234-235
  смерть Солнца 232-233
  стрела 212-213, 219, 239, 240
  судьба звезд 228-241
  ход 200
  цикл Вселенной 222-227
  часы 209
  человеческие измерения 208-209, 210
Вселенная:
  возраст 8, 65
  гибель 230-239
  жизненный цикл 222-227
  из чего она построена? 11
  инфляция 71, 106
  красота 8
  наше место в ней 22-23
  почему она существует? 10
  простота 112-113
  размер 8
  ранняя 70-71, 102-103
  расширение 64-65, 68
  рекомбинация 69
  рождение 8, 9, 65,66-75 *см. также* Большой Взрыв
  мгновенная фотография 70-71
  срок 110-111
  тепловая смерть 239
  часы, космические 11, 39, 40-41
  четыре силы природы 140
Всплеск гамма-излучения 226, *226*, 227, *227*
Вулкан (гипотетическая планета) 186-187, *186-187*

Г

Гагарин, Юрий 141, 142, 143
Галактики 24
  гигантские 24
  измерение расстояний 60-61
  карликовые 24, 25, 48
  спиральные 25, *25*, 28, 48, *49*, *53*, 55, 70, 169, *169*
  спиральные с перемычкой 28
  столкновения 169-171
  термин 24
  форма нашей галактики 28
  см. также названия конкретных галактик
Галактики-соседи 24-25
Галактическое гало 27
Галилей 32, 38, 40, 52, 145, 209
Геоид 155, 158-159, *158*, *159*
Гершель 36 (звезда) 29-30
Гершель, космическая обсерватория, телескоп 134, 135
Гершель, сэр Джон 120
Гершель, Уильям 124

Гималаи 80, 92, *92*, 93, *93*
Гиперновая 31
Гипотеза света (Ньютон) 34
«Глаз», появление в Космосе 72-73, 75
Гленн, Джон 142
Глизе 581 (планета) 84, 89
Горы, их поверхность и гравитация 154
Гравитация 11-12, 138-197
вес и масса 154, 155
влияние на планеты 174-175
вода 153, 156, 159, 160-163
геоид 155, 158-159, *158*, *159*
горы и гравитация поверхности 154
зодиакальный свет 164-165
закон всемирного тяготения Ньютона 150-151, 163, 184, 185, 186, 190, 193
Луна 148, 159, 160-163
невесомость 141, 142, 144-145, 155
невидимая нить 140, 148-149
нейтронные звезды и 84, 180, 181, 182, 194, 195
ньютоны 154, 155
парадокс 174-175
поверхность 154
понимание 150-151
сведение к минимуму потенциальной энергии 166
скорость падения объектов в гравитационном поле 144-145, 184-185
скульптор Вселенной 140, 146, 147, 151, 152-153
слабость 174-175
создатель и разрушитель звезд и планет 141, 166
солнечная 175
формирование 161
центрифуга 174-175
что это такое? 184-185
Гренландия 146, *1456-147*
Греция, древняя 19, 38, 79, 83
Гриссом, «Гусь» 175
Гук, Роберт 32, 34
Гюйгенс, Христиан 32, 34, 41, 209

Д

Давление нейтронов вырождения 195
Давление электронов вырождения 181, 194, 195
Дайсон, Фримен 180-181
Двингело 1 (галактика) 13, *13*
Двухщелевой эксперимент Янга 34-35
Декарт, Рене 32, 38, 58, 59, 150
Демокрит 79, 91
Денеб (звезда) 230, 231, *231*
Джоуль, Джеймс 214-215
Джохенсон, Дональд 47
Дракон (созвездие) 190, *191*
Дюилье, Никола Фатио де 164

Е

Евклид 38, 150
Европейская Южная Обсерватория (ESO, European Southern Observatory), обсерватория Ла-Силья, Чили 75, 85
Египет, древний 17-19, 83, 209
ЕКА (Европейское Космическое Агентство) 75, 85, 135, 158

Ж

Жантиль, Гийом 29

З

Закон Ампера 36
Закон всемирного тяготения Ньютона 150-151, 163, 184, 185, 186, 190, 193
Закон Хаббла 60, 63, 64-65
Закон электромагнитной индукции Фарадея 36
Заря времени 46-47
Звездоносная эпоха 224-225, 229
Звезды 78-137
белый карлик 128, 129, 181, 230, 233, 234, 235, *235*
главная последовательность 28, 128
жизненный цикл 128-129
знакомство 27
из чего они сделаны? 98-99
картографирование 82-83
красный гигант 69, 84, 120, 121, 128, 230, 232
красный карлик 84, 89, 128, 234
нейтронные 84, 180, 181, 182, 194
первые 27, 118-119, 224, 225, 226, 227
последние 234, 235
рождение 29-31, 84-85
роль в строительных блоках нашего существования 8, 90-10
смерть 30-31, 84, 122-123, 130-133, 141, 177, 179, 180-181, 227, 230, 231
судьба 228-241
черный карлик 129, 237, 239
чтение истории 98-99
ясли 84-85
см. также названия конкретных звезд
Звуковой барьер 42-43
Земля *204*, *205*
возраст 205
голубой мрамор 166-167, *166-167*
гравитация *см.* Гравитация
орбита 39, *39*, 149, 202, 204-205
свет *см.* Свет
смерть 230, 232, 240, 241
элементы *см.* Элементы
Знакомство углерода с радиацией 27
Зодиакальный свет 164-165, *164-165*

И

Изначальная эпоха 224
Индуизм, религия 8, 80-81
Иннес, Роберт 98
Инфляция 71, 106

Инфракрасный 68, 69
Инфракрасный телескоп, Великобритания (UKRIT) 227
Исаак Ньютон, телескоп, Ла Пальма, Канары 12

К

Кавафис, Константинос 10
Калифорния, золотая шахта 126, 127
Кембрийский взрыв 72-73, 75
Карнак, храм, Люксор 17, *17*, 18, *18*, *19*
Картографирование ночного неба 82-83
Кассини, Джованни 40, 164
Кассиопея (созвездие) 48, *48*, 49
Катманду, Непал 80-81
Квазары 177
Квантовая электродинамика 12
Квантовая теория 9-10, 12, 34, 35, 93, 98, 99, 101, 116, 130, 181, 1995, 202, 213, 215
Кварки, верхние и нижние 79, 106, 110, 114, 181, 182, 194
Квинтет Стефана (галактическое скопление) 61, *61*
Квинтиплета (скопление) 27, *27*
Кеплер, Иоганн 19, 32, 38,151
Киля (туманность) 74-75, *74-75*
Кирхгоф, Густав 98, 99
Кларк, Элван Грэм 231
Клаузиус, Рудольф 214, 215, 217
Когоутек 4-55 (планетарная туманность) 125, *125*
Колманскоп, Намибия 216-221, *216-217*
Колокол Свободы 7, 175
Королевская обсерватория, Гринвич 12, 41
Космические часы 39, 40-41
Космический микроволновый фон (реликтовое излучение) 66, 69, 70-71
Космический полет, человек *8-9*, *10-11*, *138*, 141-145, *142*, *143*, *144*, *145*
Космический шаттл 142
«Атлантис» 11
«Челледжер» 52
«Индевор» 9, 50, 51
STS-31 (миссия) 52, 53
STS-71 (миссия) 11
STS-127 (миссия) 11
Космологическое красное смещение 64-65
Космос (Саган) 177
Кошачий глаз (туманность) 125, *125*
Крабовидная туманность 176, *176*, 177, 179, 180, *180*, 181 *181*, 182
Красное смещение 60, *60*, 61, 62-65, 71
Красный гигант 69, 84, 120, 121, 128, 230, 232
Красный карлик 84, 89, 128, 234

Л

Лавелл, телескоп, астрофизический центр Джодрелл Бэнк 182, 183, *183*
Лагуна (туманность) 29, *29*
Левкипп 79, 91
Ленард, Эндрю 180-181
Лескарбо 186
Леуала, Захария 216
Ливингстон, Дэвид 56
Лики, Луис 47
Лики, Мэри 47
Ловелл, Джим 8
Луна:
глядя на Луну 44, 45
гравитационное поле 159, 160-163, *161*, *162*, *163*
космический полет 8, 96-97, *96*, *97*, 162
сотворение 161, *161*
«Луна-3» 162
«Луна-15» 96
Людериц, Намибия 216-219
Люси (предок человека) 47

М

Магеллан, Фердинанд 209
Магеллановы облака 48
Магнетизм 36-37 *см. также* Электромагнетизм
Магнитные поля 36-37
Майклсон, Альберт 120
Майя 84
Максвелл, Джеймс Клерк 36-37, 43, 190, 215
Малая ядерная сила *25*
«Манхэттен», проект 115
Марс 45, 96, 153, 154, 155, 156-157
Масгрейв, Стори 53
Мауна-Кеа, Гавайи 155
Маунт-Вилсон, обсерватория, Пасадена, Калифорния 60, 120
Мегапарсек 64, 65
Менделеев, Дмитрий 94-95, 97
Меркурий 97, 175, 184, *184*, 185, 190, 193
«Меркурий-7» 142
«Меркурий», проект 142
Местная группа 149
Метрика Шварцшильда 194-195
Микроволновый анизотропный зонд Уилкинсона (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe, WMAP) 70-71. *70*
Микроволны 66, 68, 69, 70-71
«Мир», космическая станция 11
Мира (звезда) 84, *84*, *85*
Млечный Путь 12, 25, *69*, 70, 148, 225, *225*
имя 24
картографирование 20, 22-23, 24-25, 26-27
рождение звезд 29-31
смерть звезд 30-31
спиральные рукава 28
столкновение с туманностью Андромеды 169, *170*, *171*
форма 28-29
Шпора Ориона 28, 71
Молекулярное облако Ориона *132*, 133

Н

Намиб, пустыня 68-69, 216-221, 236-237, *236*, *237*
Намибия 68-69, *68*, 153, 216-221, 236-237, 239
НАСА 11, 53, 84, 85, 132, 133, 142, 146, 159, 169, 176, 180, 190, 221, 231, 235, 240
Нарушение симметрии 104-105, 106
«Начала» (Ньютон) 150-151

Невесомость 141, 142, 144-145, *144*, *145*, 155
Нейтрон 79, 106, 110, 111, 114, 115, 123, 130, 133, 181, 182, 194, 239
Нейтронные звезды 84, 180, 181, 182, 194
Нептун 45, 94, 174
Ньюкомен, сэр Томас 214, 215
Ньютон, сэр Исаак 32, 34, 41, 43, 56, 58, 98-99, 145, 150-151, 163, 184, 185, 190, 193
Ньютоны 154, 155

О

Область сверхдальнего обзора Хаббла 54, *54*, 55, 56, 59, 227
Общая теория относительности 11-12, 145, 151, 182, 188, 189-193, 194-195, 213
Олдрин, Базз 96
Олимп (вулкан на Марсе) 153, 154, 155, *155*, 156-157
Омега (туманность) 84, 85, *85*
Орион (созвездие) *119*, 133
Орион (туманность) 75, 82, 84, 85, *85*, *132*, 133 134, 135
Очень Большой Телескоп (ОБТ), обсерватория Паранал, Чили 27, 120

П

Паркс Радио, телескоп, Австралия 182
Паровые двигатели 11, 214
Пашупатинатх, храм, Непал 80, 81
Пегас (созвездие) 61, *61*
Пейреск, Никола-Клод Фабри де 84
Пензиас, Арно 69
Периодическая таблица 94-95
Перито-Морено, ледник, Аргентина 210-211, *210-211*, 212-213, *212*, *213*
Пермское массовое вымирание
Печь (созвездие) 54
Пиз, Френсис 120
Пикар, Жан 40, 41
Пикайя 75
Пистолет (звезда) 27, *27*
Планетарные туманности 124, *124*, *125*, 125 128, 133
Полярная звезда 48, 83, 100, *101*
Посланники 14-75
Постоянная Планка 41
Предел Толмена-Оппенгеймера-Волкова 194
Предел Чандрасекара 181, 182
Предки человека 47, 48, *48*
Принцип запрета Паули 130, 181, 194
Происхождение бытия 78-137
- атомные гипотезы 79
- Большой Взрыв 106-111
- верхние и нижние кварки 79
- «звездные ясли» 84-85
- из чего сделаны звезды? 98-101
- картографирование ночного неба 82-83
- лунные скалы, их изучение 96
- материя в числах 114
- метеориты 134-135
- первые звезды 118-119
- планетные туманности 124-125
- происхождение жизни 92-93
- простота Вселенной 112-113
- ранняя Вселенная 102-117
- религия 80-81
- роль звезд в производстве строительных блоков нашего существования 90-101
- сверхновая: жизненный цикл звезд 128-137
- смерть звезды 122-123
- Солнце, переход за орбиту Венеры 86-87
- сроки жизни Вселенной 12-12-113
- химические элементы 79
- цикл жизни 80-81
- элементы 94-97, 126-127
- Эль-Татио, гейзеры, Чили 104-105
- экзопланеты, как их найти 88-89

Проксима Центавра 20, 98, 234, *234*
Пространство-время 43, 65, 66, 67, 189-190, 191, 193, 194-195
Протоны 79, 106, 112, 113, 114, 115, 123, 130, 181, 239
Пульсары 180, 182, 195
Путешествия во времени 44-65

Р

Радиоастрономия 168
Радиоволны 68-69, 84
Радуга 56-59
Райл, Мартин 177
Религия 8, 80-81
Рёмер, Оле 37, 39, 41
«Рвотная комета» 142, 144-145, 155, 189, 193
Рио-де-Жанейро, Бразилия 122, *122*, 123
Рыбы-Кита (сложное сверхскопление) 149

С

Саган, Карл 177, 241, 242
Сверхбольшой массив (VLA), Нью-Мексико, США 168, *168*
Свет 11
- барьер 43
- видимый 68-69
- галактические соседи 24-25
- двухщелевой эксперимент Янга 34-35
- звезда родилась 29-30

измерение/наблюдение движения в древнем свете 19-21
инфракрасный 68-69
история 16-31
- как электромагнитная волна 34, 35, 36, 37, 59, 60, 64, 68, 69, 101, 191
- корпускулы 34
- космические часы 39, 40-41
- красное смещение *см.* Красное смещение
- микроволны 68 69, 70-71
- найденная Андромеда 48-49
- нанесение на карту галактики Млечный Путь 26-27
- наше место во Вселенной 22-23
- первый взгляд 72-75
- посланники космического океана 36-37

преломление 34
путешествия во времени 44-65
радиоволны 68-69, 84
радуга 56-59
рождение Вселенной 66-75
связь с прошлым 16, 31, 44, 45, 48-49, 52, 71
скорость 37, 38-43
составление спектра цветов 98-99
телескоп Хаббл *см.* Хаббл, телескоп
форма нашей галактики 28
фотографируя прошлое 70-71
что это такое? 32-44
Сильное ядерное взаимодействие 12, 106, 114, 115, 116, 140
Синдром космической адаптации (космическая болезнь) 142
Сириус (Собачья звезда) 100, *100*
Сириус А (звезда) 230, 231, *231*
Сириус В (звезда) 230, 231, *231*
Скопление Арки 26-27, *26*
Скопление Девы 24, *148*, 149
Скорость света 37, 38-43
Скотт, Дэйв «Командир» 145
Слабое ядерное взаимодействие 12, 106, 110, 140, 181
Солнце 98, 164, 165
белый карлик 230, 233
время, которое требуется свету, чтобы дойти до нас 45
гравитация 175
древнее измерение движения 19
звезда главной последовательности 28
как красный гигант 230, 232
прохождение Венеры 86-87, *87*
расстояние до самой дальней от центра нашей Солнечной системы планеты 26, 27
смерть 229, *229*, 230, 232-233, 240
ядерный синтез *116-117*
Спектрорадиометр с умеренной разрешающей способностью (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS) 146
Специальная теория относительности 43, 154, 185
Спиральная галактика с перемычкой 28
Спиральные галактики 25, *25*, 28, 48, *49*, 53, 55, 70, 169, *169*
Спиральные туманности 60, 70
Спитцер, космический телескоп, НАСА 133, 169
Стандартаная модель практической физики 12
«Стрела времени» 212-213, 219, 239, 240
Стрелец А* (черная дыра) 26, 149, *149*, 195, *195*
Суперновые 12, 30, 31, 83, 84, 128-129, 131, *136-137*, 180

Т

Танзания 46, 47, 48
Тейя 161
Теллер, Эдвард 115, 116
Темная материя/энергия 24, 65, 222, 224
Теория великого объединения 239
Термодинамика 11
Первый закон 214-215
Второй закон 215, 237, 240
Терра, спутник, НАСА 146
Титов, Герман 141, 142
Трилобиты 73, 75
Тринадцать Башен храма Чанкильо, Перу 201-203, *201*, *202*, *203*
Тухлое яйцо (туманность) 124, *124*

У

Уатт, Джеймс 214
Уилсон, Роберт 69
Улам, Станислав 115, 116
Улитка (туманность) 124, *124*
Ураниборг, обсерватория близ Копенгагена 48

Ф

Фарадей, Майкл 36, 37
Ферми, Энрико 115
Фермионы 181, 194
Фиш-Ривер, каньон, Намибия *152-153*, 153, 154, *154*, 166
Фотографируя прошлое 70-71
Фраунгофер, Йозеф фон 98, 99
Фраунгоферовы линии 99

Х

Хаббл, телескоп 25, 50-55, *51*, 52, 60-61, 64-65, 71, 85, 120, 142, 176, 180, 190, 231
Хаббл, Эдвин 52, 60, 62, 149
Хойл, сэр Фрэд 177
Хоукер Хантер 42-43
Хьюиш, Энтони 177, 182

Ц

Центрифуга 174-175
ЦЕРН, Женева 12, 78, 79, 106
Цефеиды переменные 60, 65

Ч

Чако, каньон, Большие дома, Нью-Мексико 177, *177*, 178-179, *178-179*
Чандра, космическая рентгеновская обсерватория 83, 239
Чандрасекар, Субраманьян 181
Чанкильо, Перу 201-203 *201*, *202*, *203*
Человек умелый 47, 48, *48*
Черепахи 208, *208*
Черные дыры 24, 129, 205, 206, 235
S2 и 36
анатомия 196-197
гравитация 151
квазары 177
массы в масштабах размеров галактик 238
Млечный Путь 36, 148, 149, *195*

обнаружение 12
сверхновая 84
Стрелец A* 26, 149, *149*, 195, *195*
Черный карлик 129,237, 239
Честертон, Гилберт Кит 8
Чудо, его ценность 10-11

Ш

Шварцшильд, Карл 194
Шепард, Алан 142
Штаух, Август 216

Э

Эверест, гора 153, 154
Эволюционный Большой Взрыв 72-73, 75
Эддингтон, сэр Артур *188*, 189, 213, 215, 219
Эдуард Болен 234-235
Эйлер, Леонард 34
Эйнштейн, Альберт 10, 11, 12, 36, 43, 65, 145, 151, 185, 188, *188*, 189-193, 194, 195, 213
Экзопланеты, как их найти 88-89
Электромагнетизм:
Большой Взрыв 106
звезды 122
прочность 151, 174
свет как электромагнитная волна 36, 37, 43
сила природы 140
спектр 59, 68, 69, 168
стабильность элементов 116
Электромагнитная индукция, закон Фарадея 36
Электрон 69, 79, 101, 114, 130, 181, 194, 195, 209, 210, 222
Элементы, химические 79
атомные взрывы 115
периодическая таблица 94-95
построение 113, 114
редчайшие 126-127
роль в человеческой истории 114
Эль-Татио, гейзеры, Чили *103*, 104-105, *104*, *105*
Эмпедокл 38
Энтропия:
в действии 216-219, *216-2-17*, *218*, *219*
«стрела времени» 219, 221
судьба звезд 228
хаотичность 215
Эпоха Вырождения 234, 235
Эпоха Планка 9, 10, 106
Эскимос (туманность) 124, *124*
Эта Киля (звезда) *30*, *31*, 75

Ю

Южноафриканская астрономическая обсерватория 98
Юпитер 40, 41, *41*, 45, 164, 165, 174
Юпитерианские часы 40-41

Я

Ядерный синтез/деление 115-117
Янский, Карл 168

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

Авторы и издатель благодарят Burrell Durrant Hifle за предоставленные CGI изображения и за помощь в работе над проектом, а также Йона Мюррея из UNIT за его помощь.

Все права на изображения защищены BBC

22-23, 62-63, 88-89, 108-109, 110-111, 128-129, 196-197, 206-207, 222-223, 232-233 – Натали Лис © HarperCollins; 24, 25, 26, 27, 29 (внизу), 30, 37, 41, 49, 51, 52, 53, 54, 61, 67, 69 (внизу), 70, 74-75, 76, 83, 84, 85, 96, 97, 120, 124, 125, 132, 133 (внизу), 138, 141, 142, 143, 149 (наверху), 155 (внизу), 161, 167, 169, 176, 180, 181, 184, 191, 198, 227, 231, 235, 238, 239 (слева), 240 (слева) – НАСА; 34 GIPHOTOSTOCK / Научная фотобиблиотека; 39 © Скотт Смит / Corbis; 45 © Джейсон Рид / Reuters / CORBIS; 47 (наверху), 80, 92, 211, Брайан Кокс; 48 (слева) PASCAL GOETHELUCK / Научная фотобиблиотека; 48 (справа) AlltheSky.com; 79 Дэвид Паркер / Научная фотобиблиотека; 87 Экхарт Славик / Научная фотобиблиотека; 93 (внизу) Дирк Виерсма / Научная фотобиблиотека; 94-95 © 2010 Теодор Грей; 103 © Чарльз О'Рир / CORBIS; 107 ЦЕРН / Научная фотобиблиотека; 119 © Тони Халлас / Science Faction / Corbis; 146-147 © НАСА / Научная фотобиблиотека; 149 (внизу) Caltech; 151 Эрик Шремпп / Научная фотобиблиотека; 156-157 ESA / DLR / FU BERLIN (G.NEUKUM) / Научная фотобиблиотека; 164-165 © Тони Халлас / Science Faction / Corbis; 170-171 Джон Дубински; 173 Б. Макнамара (Университет Ватерлоо) / НАСА / ESA / STScI / Научная фотобиблиотека; 186-187 Научная фотобиблиотека; 188 Королевское Астрономическое Общество / Научная фотобиблиотека; 194 НАСА / Научная фотобиблиотека; 209 Научная фотобиблиотека; 215 Научная, индустриальная и деловая библиотека / Нью-Йоркская публичная библиотека / Научная фотобиблиотека; 242-243 © CORBIS

БЛАГОДАРНОСТИ

Мы благодарим всех участников телесериала BBC «Чудеса Вселенной», которые помогали нам при написании этой книги. Наша особая благодарность Джонатану Ренуфу и Джеймсу ван дер Пулу — за их приверженность и преданность сериалу, и Стивену Кутеру, Майклу Лахману и Крису Холту — за преобразование такого сложного материала в прекрасный телесериал.

Мы благодарим Ребекку Эдвардс, Диану Эллис-Хилл, Лауру Малхолланд, Бена Уилсона, Кевина Уайта, Джорджа МакМиллана, Криса Оупеншоу, Даррена Йонушаса, Питера Норри, Саймона Сайкса, Сьюзи Бранд, Луизу Салкову, Лауру Дэви, Пола Эпплтона, Шеридана Танга, Джули Уилкинсон, Летицию Дюком, Лидию Делмонт, Дейзи Ньюман, Джейн Рандл, Николу Кингхэма и команды BDH и UNIT за пост-продакшн.

Мы благодарим Сью Райдер, профессора Джеффа Форшоу, Майлза Арчибальда и всю команду Harper Collins за их помощь и руководство.

Мы благодарим Кевина Уайта за выдающиеся фотографии.

Брайан Кокс благодарит Манчестерский университет и Королевское Общество за время, предоставленное ему для работы над «Чудесами Вселенной».

Эндрю Коэн благодарит Анну за ее бесконечную поддержку при написании этой книги.

Кокс Б.

К 59 Чудеса вселенной / Брайан Кокс ; [пер. с англ. А. С. Куняева]. — М. : Эксмо, 2013. — 256 с. : ил. — (Би-Би-Си. Энциклопедии).

УДК 524
ББК 22.632

ISBN 978-5-699-55727-1

© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2013

Originally published in English by HarperCollins Publishers Ltd under the title Wonders of the Universe.
Text © Brian Cox and Andrew Cohen 2011;
Photographs, with the exception of those detailed on p 255 ©BBC;
Infographics, Design & Layout © HarperCollins Publishers 2011.
Translated under licence from HarperCollins Publishers Ltd.
Brian Cox asserts the moral right to be identified as the author of this work.

Оригинал-макет подготовлен ООО «М-Студио»

Научно-популярное издание

Брайан Кокс

ЧУДЕСА ВСЕЛЕННОЙ

Перевод с английского *А. С. Куняева*

Ответственный редактор *М. Терёшина*
Редактор *Н. Павлова*
Выпускающий редактор *Ю. Дорогова*
Художественный редактор *Е. Гузнякова*
Компьютерная верстка *К. Иванов*

ООО «Издательство «Эксмо»
127299, Москва, ул. Клары Цеткин, д. 18/5. Тел. 411-68-86, 956-39-21.
Home page: **www.eksmo.ru** E-mail: **info@eksmo.ru**

Өндіруші: Издательство «ЭКСМО»ЖШҚ, 127299, Мәскеу, Ресей,
Клара Цеткин көш., үй 18/5.
Тел. 8 (495) 411-68-86, 8 (495) 956-39-21
Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru.
Тауар белгісі: «Эксмо»
Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша арыз-талаптарды қабылдаушының
өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС, Алматы қ., Домбровский көш., 3«а», литер Б, офис 1.
Тел.: 8(727) 2 51 59 89,90,91,92, факс: 8 (727) 251 58 12 вн. 107; E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kz
Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.
Сертификация туралы ақпарат сайтта: www.eksmo.ru/certification

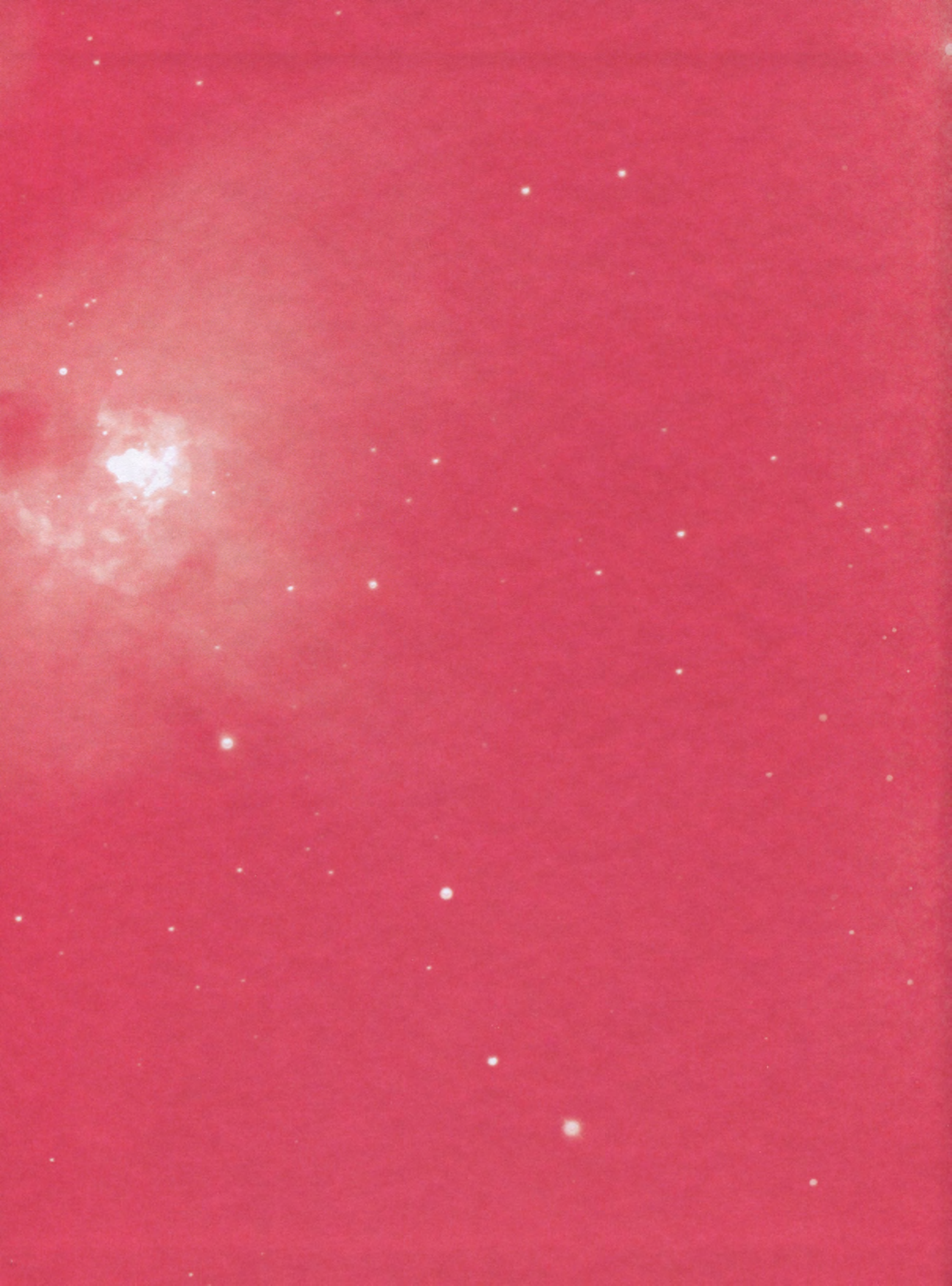
Оптовая торговля книгами «Эксмо»:
ООО «ТД «Эксмо». 142700, Московская обл., Ленинский р-н, г. Видное,
Белокаменное ш., д. 1, многоканальный тел. 411-50-74.
E-mail: **reception@eksmo-sale.ru**

По вопросам приобретения книг «Эксмо» зарубежными оптовыми покупателями *обращаться в отдел зарубежных продаж ТД «Эксмо»*
E-mail: **international@eksmo-sale.ru**
International Sales: International wholesale customers should contact Foreign Sales Department of Trading House «Eksmo» for their orders.
international@eksmo-sale.ru

Подписано в печать 29.08.2013.
Формат 60x84 $^{1}/_{8}$. Печать офсетная. Усл. печ. л. 29,87.
Доп. тираж 3000 экз. Заказ 3647/13.

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами в ООО "ИПК Парето-Принт", г. Тверь, www.pareto-print.ru

ISBN 978-5-699-55727-1



Профессор Брайан Кокс приглашает в фантастическое путешествие в пространстве и во времени, чтобы показать нам нечто непостижимое: ЭТО существует 13,7 миллиарда лет, имеет 93 миллиарда световых лет в поперечнике, ОНО наполнено более чем 100 миллиардами галактик, каждая из которых содержит сотни миллиардов звезд.

Это место мы называем нашей Вселенной. Она столь огромна и сложна, что это почти невозможно осознать. Брайан показывает, как можно объяснить обширное и непостижимое явление глубокого Космоса опытным путем, изучая знакомые нам явления. И тогда вся невообразимая и непостижимая Вселенная словно спускается на Землю, становится нам ближе, понятней и роднее.

Брайан Кокс посвятил всю жизнь пониманию Вселенной. В этой книге он просто отвечает на самые сложные вопросы, которые мы можем задать о себе и о мире, в котором живем.

«Кокс – истинный романтик. Он лирически относится к астрофизике и делится с нами опытом, который по ощущениям меньше всего похож на зубрежку домашнего задания, а скорее на удовольствие от интересного рассказа. И очень хорошего рассказа, следует заметить!»

Guardian

ISBN 978-5-699-55727-1